

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»

На правах рукописи



Табунщик Владимир Александрович

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР

Специальность 1.6.21 Геоэкология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
Горбунов Роман Вячеславович,
доктор географических наук

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОЦЕНКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНОГО БАСЕЙНА	13
1.1. Понятие о бассейне реки. Бассейновый подход в геоэкологии	13
1.2. Геоэкологическое состояние и геоэкологическая ситуация: соотношение понятий	20
1.3. Представление об оценке геоэкологического состояния бассейна реки	26
1.4. Теоретико-методологические основы выбора критериев для проведения оценки геоэкологического состояния речного бассейна с использованием ГИС	31
Выводы по разделу 1	62
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНОГО БАСЕЙНА	64
2.1. Географические информационные системы как инструментарий для оценки геоэкологического состояния речного бассейна	64
2.2. Проблема выбора оптимальных операционно-территориальных единиц для оценки геоэкологического состояния речного бассейна	66
2.3. Методика выделения бассейнов и суббассейнов рек	67
2.4. Частные методики оценки критериев геоэкологического состояния отдельных компонентов природы в пределах речного бассейна	78
2.4.1. Методика оценки климатических изменений в бассейнах рек	78
2.4.2. Методика оценки плотности населения в бассейнах рек	79
2.4.3. Методика оценки антропогенной преобразованности в бассейнах рек	80
2.4.4. Методика оценки динамики типов наземного покрова в бассейнах рек	84
2.4.5. Методика оценки загрязнения атмосферы в бассейнах рек	85
2.4.6. Методика оценки загрязнения вод в бассейнах рек	87
2.4.7. Методика оценки проявления эрозии и потери почв в бассейнах рек	88
2.4.8. Методика оценки конфликтов природопользования с использованием концепции экологической ниши в бассейнах рек	91
2.4.9. Методика оценки проявления подтопления и затопления в бассейнах рек	93
2.4.10. Методика оценки изменения растительного покрова в пределах бассейнов рек	95
2.5. Интегральная методика оценки геоэкологического состояния в пределах речного бассейна	98
Выводы по разделу 2	100

РАЗДЕЛ 3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ПРЕДЕЛАХ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР	102
3.1. Географическое положение. Позиция	102
3.2. Геологическое строение и рельеф	107
3.3. Климат	111
3.4. Внутренние воды	113
3.5. Почвы	119
3.6. Растительный и животный мир	123
3.7. Ландшафты	125
Выводы по разделу 3	129
РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР	132
4.1. История освоения территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	132
4.2. Социально-экономическая характеристика территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	134
4.3. Природопользование в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Экологические ниши и конфликты природопользования	138
4.4. Антропогенная преобразованность территории бассейнов рек северо- западного склона Крымских гор	151
4.5. Динамика типов наземного покрова в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	159
4.6. Загрязнение воздуха в пределах территории бассейнов рек северо- западного склона Крымских гор	166
4.7. Загрязнение вод в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	183
4.8. Проявление эрозии и потери почвы в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	195
4.9. Потенциальное подтопление и затопление в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	198
4.10. Тенденции изменения растительного покрова в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	199
4.11. Климатические изменения в пределах территории бассейнов рек северо- западного склона Крымских гор	205
4.12. Комплексная оценка геоэкологического состояния территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	207
4.13. Рекомендации по устойчивому развитию территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор	210
Выводы по разделу 4	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	219
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	222
ПРИЛОЖЕНИЕ А	284
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	285

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование выбора темы и её актуальности. Речные бассейны являются целостными системами, которые выступают одними из очагов притяжения и центров исторического развития. Крупные реки, как показал еще Л.И. Мечников в работе «Цивилизация и великие исторические реки», являются очагами развития цивилизации [Мечников, 1898]. Вместе с тем реки, являясь центрами притяжения для развития поселений и ядрами исторического и культурного развития регионов испытывают на себе все с более и более высокой интенсивностью последствия антропогенного воздействия. В тоже время реки являются ценнейшими источниками водных ресурсов, на многих из них построены водохранилища, обеспечивающие снабжение питьевой водой крупных городов. Эта проблема затрагивает практически все страны мира, в виду того, что сейчас формируются предпосылки к глобальному дефициту чистых и качественных пресных вод. ООН в своей программе достижения Цели в области устойчивого развития [United Nations..., 2017] отводит огромное значение изучению обеспечения наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех (6-я цель), а так же косвенно связанным с этой целью борьбе с изменением климата и его последствиями (13-я цель) и сохранению экосистем суши (15-я цель). При этом экономическое развитие многих стран мира (и в том числе отдельных регионов внутри стран) формирует масштабное неравенство в доступе к чистым водным ресурсам, которые приурочены к речным бассейнам.

В России вопрос антропогенного воздействия стоит довольно остро в речных бассейнах, которые подвергаются интенсивному воздействию со стороны человека (бассейны рек Волга, Дон, Обь, Терек, Колыма и др.). Решение загрязнения водных объектов нашло свое отражение на федеральном уровне в рамках реализации национального проекта «Экология» (Сохранение озера Байкал, Оздоровление Волги). Исследование речных бассейнов с использованием геоинформационных методов тесно связано с тремя приоритетными направлениями фундаментальных и поисковых научных исследований на 2021 - 2030 годы России в области экологии и охраны окружающей среды – «1.5.10. География, геоэкология и рациональное природопользование»; «1.5.12. Метрология и цифровизация в науках о Земле»; «1.5.11. Водные ресурсы, гидрология суши». Изучение геоэкологического состояния речных бассейнов также находит отражение в приоритетах и перспективах научно-технологического развития Российской Федерации, в частности пунктов А, Б, Г, Ж, содержащимися в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Стратегия научно-технологического..., 2016].

Для территории Крымского полуострова особо остро стоит проблема нехватки пресных вод. Важность изучения рек и речных бассейнов Крымского полуострова подчеркивается в

Государственной программе развития водохозяйственного комплекса Республики Крым. В период с 2015 по 2022 гг. в Крыму наблюдалась особенно острая нехватка водных ресурсов для хозяйственно-бытовых целей населения и промышленных целей. Это было связано в первую очередь с перекрытием подачи воды по Северо-Крымскому каналу и вододефицитными годами с низким количеством выпадающих осадков [Water shortage..., 2021]. Это привело к существенному сокращению площади водохранилищ и расходов воды в реках. Во многих городах вводились графики плановой подачи воды. В тоже время необходимо учитывать влияние техногенной и социальной составляющей на речные бассейны, которые являются источниками для развития всех видов деятельности – в том числе и промышленной, и рекреационной.

Степень разработанности темы исследования. Изучение речных бассейнов активно развивается как отечественными исследователями [Волков, 1950; Аполлов, 1963; Лучшева, 1959, 1983; Антипов, Корытный, 1981; Мильков, 1981; Корытный, 2001; Тимченко, 2000, 2012; Ермолаев, 2002; Напрасников, 2003; Эдельштейн, 2005; Погорелов, Думит, 2009; Клименко, 2015; Бассейновый подход..., 2013], так и зарубежными исследователями [Horton, 1945; Strahler, 1957; White, 1963; Shreve, 1966, 1967; Teclaff, 1967; Quick, 1995; Ward, Trimble, 2003; Raghunath, 2006; Brutsaert, 2023].

Вопросы геоэкологической оценки активно разрабатываются применительно к различным территориальным объектам исследования [Кочуров, 1999, 2016; Позаченюк, 1999, 2003; Позаченюк, Панкеева, 2008; Яницкий, 2009; Беленко, 2012; Родионов, 2014], однако крайне малое значение уделяется применению этих методов к изучению бассейнов рек [Антипов, 2019; Корытный, 2001, 2017; Власова, 2011, 2017; Н.С. Белов, 2011; Нагорнова, 2012; Ермолаев, 1992, 2002]. Стоит отметить, что несмотря на большое количество исследовательских работ интеграция и проникновение методов геоэкологической оценки применительно к речным бассейнам развивается крайне низкими темпами.

Исследованию рек и речных бассейнов Крымского полуострова посвящено большое количество работ отечественных исследователей [Пенюгалов, 1930; Олиферов, Гольдин, 1964; Миллер, 1958; Павлов, 1994, 1996; Современные ландшафты..., 2009; Олиферов, Тимченко, 2005; Амеличев, Олиферов, Новикова, 2017; Тимченко З.В., 2000, 2002, 2012; Поверхностные водные..., 2004, 2011; Иванкова Т.В., 2019, 2023; Каюкова Е.П., 2016; Нарожняя, 2021; Табунщик, 2021, 2022]. В России исследованию рек и речных бассейнов Крымского полуострова начиная с 2014 года уделяется большое внимание.

Несмотря на более чем уже двухвековую историю изучения рек и речных бассейнов территории Крымского полуострова остается еще чрезвычайно много нерешенных вопросов. Наиболее полные и комплексные исследования рек и речных бассейнов Крымского полуострова,

проводились в 60–70-е года XX века. Исследования этих лет были опубликованы в фундаментальных монографиях. После этого периода имеются лишь отдельные работы по комплексному изучению рек, а также большое количество разрозненных работ, изучающих отдельные участки территории Крымского полуострова. С тех пор кардинально поменялись гидролого-гидрографические характеристики большинства рек. Нужно отметить, что бассейны рек северо-западного склона Крымских гор изучены крайне слабо. К тому же современное их состояние практически не изучено. Таким образом проведение геоэкологической оценки в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор является важной и актуальной задачей для устойчивого развития территории в процессе постоянно нарастающего антропогенного воздействия.

Цель исследования – разработка методики оценки геоэкологического состояния речных бассейнов на основе методов геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования с апробацией на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1. Сформулировать теоретико-методологические подходы геоэкологической оценки бассейнов рек на основе данных дистанционного зондирования и геоинформационного моделирования и обосновать выбранные критерии оценивания.

2. Разработать методику оценки геоэкологического состояния речных бассейнов, базирующуюся на материалах дистанционного зондирования с использованием геоинформационного моделирования.

3. Выполнить анализ физико-географических и социально-экономических факторов формирования геоэкологической ситуации в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор.

4. Дать оценку критериев формирования геоэкологического состояния на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

5. Произвести интегральную геоэкологическую оценку бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор и разработать рекомендации по устойчивому развитию исследуемой территории речных бассейнов.

Объект исследования – территория бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

Предмет исследования – современное геоэкологическое состояние бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

Научная новизна заключается в следующем:

1. На теоретико-методологическом уровне показано, что на современном этапе развития науки дистанционные методы исследования и геоинформационное пространственно-временное моделирование по охвату данных превосходят традиционные методы, используемые при проведении оценки геоэкологического состояния в пределах территории речного бассейна. На основании этого разработан новый подход к оценке геоэкологического состояния бассейнов рек с использованием геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования.

2. На методическом уровне представлены новые алгоритмы и методики машинного выделения бассейнов и суббассейнов рек и оценка их точности, а также разработаны алгоритмы оценки критериев геоэкологического состояния отдельных компонентов природы в пределах речного бассейна и комплексной оценки речного бассейна, которые обладают более высоким пространственно-временным охватом по сравнению с традиционными полевыми и лабораторными методами исследования. Разработанные алгоритмы и методики апробированы в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

3. На региональном уровне впервые для бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор проведена оценка их геоэкологического состояния на основе методов геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования. Исследуемая территория разделена на 4 кластера: с оптимальными (нормальными), благоприятными, удовлетворительными и неблагоприятными значениями геоэкологического состояния.

Теоретическая значимость работы. В работе систематизирован накопленный отечественными и зарубежными исследователями опыт изучения и проведения геоэкологической оценки в пределах речных бассейнов. Разработаны новые методики и подходы оценки отдельных критериев геоэкологического состояния отдельных компонентов природы в пределах речного бассейна. Впервые для бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор проведена оценка их геоэкологического состояния на основе методов геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования. Показана возможность использования ГИС и технологий облачных вычислений и машинного обучения при проведении геоэкологической оценки речных бассейнов. Результаты исследования углубляют и расширяют представления о функционировании бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

Практическая значимость работы. Для бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор апробирована разработанная методика геоэкологической оценки речных бассейнов – получены новые серии карт, отражающие оценку геоэкологического состояния речных бассейнов и суббассейнов. Показана возможность практического применения методик

оценки отдельных критериев при геоэкологической оценки. Использование ГИС и облачных технологий, машинного обучения позволяет выделять и актуализировать границы водосборных бассейнов и суббассейнов, что необходимо для планирования и управления водными ресурсами, определения границ территорий, подверженных определенным рискам, и принятия мер по их защите. Разработанные и усовершенствованные методики при оценке геоэкологического состояния речного бассейна позволяют оценивать состояние различных компонентов природы в пределах речного бассейна. Это может помочь идентифицировать проблемные участки территории, разработать эффективные меры по улучшению экологической ситуации и принять необходимые управленческие решения для разработки устойчивых стратегий управления речными бассейнами и их охраны. Результаты диссертационной работы могут иметь широкое практическое применение в органах муниципальных и региональных органах власти в целях минимизации возможных последствий и рисков, а также для выполнения функций контроля в области охраны окружающей среды. Это может помочь улучшить планирование и принятие решений в области управления бассейнами и охраны природы в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Полученные данные могут использоваться в усовершенствовании учебных курсов по физической географии Крыма, гидрологии, геоэкологии и геоинформатики образовательных учреждений высшего и среднего специального образования.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Методика оценки геоэкологического состояния бассейнов рек с использованием геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования способствует получению наиболее полных и оперативных данных об изменении состояния бассейнов рек, а выбранные критерии оценивания достаточны и часто превосходят критерии используемые в результате разрозненных полевых наблюдений и лабораторных исследований в труднодоступных регионах.

2. Критерии для проведения оценки геоэкологического состояния бассейнов рек на основе геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования характеризуют изменение природных, социальных и техногенных характеристик территории в пределах речного бассейна.

3. Показатель оценки геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор характеризуется большой пространственной неоднородностью, что связано с комплексным влиянием природных и социально-экономических факторов. Оптимальным (нормальным) геоэкологическим состоянием характеризуются верховья бассейнов рек, благоприятным – средние течения рек Альма, Кача, Бельбек, Черная, а удовлетворительным и неблагоприятным – нижнее и частично среднее течение рек Альма, Кача, Бельбек, Черная и практически весь бассейн реки Западный Булганак.

4. Построенная на основе оценки геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор карта бассейнового планирования отображает перечень стабилизирующих мероприятий и их пространственную дифференциацию, которые необходимо осуществить для обеспечения устойчивого развития данных территорий.

Методология и методы исследования. Работа основана на фундаментальных исследованиях в области геоэкологии, гидрологии, физической географии, ландшафтной экологии и ландшафтоведения. В работе применялись базовые концепции ландшафтоведения и экологии. В работе были использованы следующие методы исследования: литературно-аналитический, картографический, картометрический, геоинформационный (программный комплекс продуктов ArcGIS, QGIS, SAGA, платформа облачных вычислений Google Earth Engine, аэрокосмические методы (загрузка и анализ космических снимков высокого разрешения Landsat, Sentinel, MODIS), математические, статистические (программное обеспечение для статистической обработки полученных данных (R Studio, Microsoft Excel)), а также полевые методы исследования. Методологической основой исследования выступают представления о бассейне реки [Волков, 1950; Аполлов, 1963; Антипов, Коротный, 1981; Мильков, 1981; Коротный, 2001; Тимченко, 2012; Напрасников, 2003; Погорелов, Думит, 2009; Бассейновый подход..., 2013; Horton, 1945; Strahler, 1957; White, 1963; Shreve, 1966; Teclaff, 1967; Raghunath, 2006; Brutsaert, 2023], геоэкологической оценке [Кочуров, 1999, 2016; Позаченюк, 1999, 2003; Коротный, 2001; Позаченюк, Панкеева, 2008; Яницкий, 2009; Беленко, 2012; Родионов, 2014] и применении геоинформационных технологий. В основу работы легли результаты собственных исследований автора за период с 2016 по 2023 гг. Диссертационная работа представляет собой комплексное, всесторонне изучение речных бассейнов северо-западного склона Крымских гор.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности: Работа соответствует паспорту специальности 1.6.21 «Геоэкология»: п. 5. Природная среда и индикаторы ее изменения под влиянием естественных природных процессов и хозяйственной деятельности человека (химическое и радиоактивное загрязнение биоты, почв, пород, поверхностных и подземных вод), наведенных физических полей, изменения состояния криолитозоны; п. 6. Разработка научных основ рационального использования и охраны водных, воздушных, земельных, биологических, рекреационных, минеральных и энергетических ресурсов Земли; п. 7. Геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов, функционирования природно-технических систем. Оптимизация взаимодействия (коэволюция) природной и техногенной подсистем; п. 11. Оценка экологического состояния и управление современными ландшафтами. Глобальные и региональные изменения ландшафтно-климатических условий среды обитания в антропоцене; п. 14. Научные основы организации геоэкологического мониторинга природотехнических систем и обеспечение их экологической безопасности, разработка средств контроля состояния

окружающей среды; п. 16. Моделирование геоэкологических процессов и последствий хозяйственной деятельности для природных комплексов и их отдельных компонентов. Современные методы геоэкологического картирования, ГИС технологии и информационные системы в геоэкологии.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Работа выполнена автором в течении 2013–2024 гг. Основные результаты диссертационной работы нашли отражение при исполнении темы НИР № 121040100327-3 «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий», проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов горных рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки», а также гранта Государственного Совета Республики Крым молодым ученым Республики Крым для проведения исследований в номинации «Науки об окружающей природной среде» за проект «Ландшафты Крымского полуострова и их экологические ниши»; внутривузовского гранта ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» для молодых ученых «Экологические ниши и природопользование ландшафтных уровней Крымского полуострова». Апробация материалов исследования проведена на XIV Ландшафтной конференции «Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии» – VII Мильковских чтениях, посвященных 105-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РФ, д.г.н., проф. Ф.Н. Милькова (Воронеж, 17–21 мая 2023 г.), II Международной научно-практической конференции «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность» (Севастополь, 05–09 сентября 2022 г.), V Международной научной конференции «Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в северо-восточной Азии» (Иркутск, 23–26 августа 2022 г.), V Международной научно-практической конференции AGRITECH-V – 2021: Агробизнес, экологический инжиниринг и биотехнологии (Красноярск, 16–19 июня 2021 г.), Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС 26. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» (Ставрополь, 24–25 сентября 2020 г.), I Международной конференции ICMSIT-I 2020: Метрологическое обеспечение инновационных технологий (Красноярск, 4 марта 2020 г.), III Международном симпозиуме по технике и наукам о Земле: прикладные и фундаментальные исследования, посвященный 75-летию профессора Абдул-Хамида Махмудовича Бислиева, ISEES 2020 (Грозный, 28–29 февраля 2020 г.), III Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения» (Кемерово, 21–22 декабря 2018 года), научно-практической конференции для студентов и молодых ученых «Молодая наука» (Евпатория, 19-20 октября 2018 г.), II Международной научно-практической конференция

«Добродеевские чтения – 2018» (Москва, 18–19 октября 2018 г.), IV научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» (Симферополь, 12–17 октября 2018 г.), Международной научно-практической конференции, приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах» (Ставрополь, 04–05 октября 2018 г.), VI Всероссийской научно-практической конференции «География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов» (Тверь, 18 июня 2018 г.), XIII Международной ландшафтной конференции «Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов» (Воронеж, 14–17 мая 2018 г.), региональной научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам (Владивосток, 16–30 апреля 2018 г.), Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых посвященной 100-летию создания первого в России специального географического высшего учебного заведения – Географического института, проведенной в рамках XIV Большого географического фестиваля «География в современном мире: вековой прогресс и новые приоритеты» (Санкт-Петербург, 06–08 апреля 2018 года); III научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» (Симферополь, 01–03 ноября 2017 г.), II Международной научно-практической конференции «Антропогенная трансформация геопространства: история и современность» (Волгоград, 13–15 мая 2015 г.), I научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» (Симферополь, 19–26 октября 2015 г.), V Международной научной конференции «Актуальні проблеми дослідження довкілля» (Сумы, 23–25 мая 2013 г.), XI съезде Украинского географического общества (Киев, 24–27 апреля 2013 г.).

Публикации. По теме работы опубликовано 45 работ, в том числе: 7 работ в издании МБД SCOPUS и Web of Science, 17 статей в журналах из перечня ВАК.

Объем и структура работы. Общий объем основной части работы составляет 290 страниц машинописного текста. Работа состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка литературы, состоящего из 694 наименований и приложений. Работа включает 83 рисунка и 40 таблиц.

Автор **выражает искреннюю благодарность** сотрудникам НИЦ геоматики ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН», ведущему гидрологу ГБУ РК «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция» к.г.н. Тимченко З.В., сотрудникам отдела межбиблиотечного обслуживания Донской государственной публичной библиотеки (г.

Ростов-на-Дону) и сотрудникам Крымской республиканской универсальной научной библиотеки им. И. Я. Франко, сотрудникам кафедры физической географии, океанологии и ландшафтоведения географического факультета Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» и научному руководителю д.г.н. Горбунову Р.В. за поддержку и помощь в написании работы.

РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОЦЕНКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНОГО БАССЕЙНА

1.1. Понятие о бассейне реки. Бассейновый подход в геоэкологии

В литературе встречается несколько различных определений бассейна реки. В тоже время различные авторы, говоря о бассейнах рек могут использовать термины «речной бассейн» или «водосборный бассейн». В Международном гидрологическом словаре [Международный гидрологический..., 2012, С. 41] указывается что термины «водосбор» и «дренажный бассейн» также могут рассматриваться как синонимы термина «речной бассейн» (таблица 1.1). Анализ таблицы 1.1 показывает смену мнений о рассматриваемом понятии от статического – участок территории, до целостного и динамического – система со своей структурой и связями. Помимо понятия «речного бассейна» Ф.Н. Мильков предложил использовать понятие долинно-речная ландшафтная система [Мильков, 1981, 1986; Мильков и др., 1993]. Долинно-речная ландшафтная система [Мильков, 1981, С. 92-93] – это «парагенетическая система, состоящая из речного русла, поймы, надпойменных террас, коренных склонов». В [Ландшафтоведение. Словарь терминов, 2010, С. 78] отмечается, что ядром долинно-речной системы является русло, которое служит носителем информации о ландшафтных особенностях всего водосборного бассейна, а речная долина связана в единое целое продольным (от истоков реки к устью) и поперечным (от склонов к руслу) перемещением вещества, энергии и информации, а также особенностями ландшафтообразующих процессов. Таким образом получается, что бассейн реки рассматривается большинством исследователей как участок территории, ограниченный водоразделами, т.е. представляет собой четко обособленный физико-географический объект. Соответственно, можно говорить о том, что речной бассейн выступает обособленной единицей, которая требует пристального изучения. А.Ю. Ретеюм в работе [Ретеюм, 1988, С. 97] отмечает, что речные бассейны находятся на высшем уровне и природной, и природно-общественной интеграции и принадлежат к категории наиболее полных проявлений целостности земной материи в конкретных пространственно-временных границах. В тоже время нужно отчетливо понимать, что бассейн следует рассматривать как сложную неоднородную структуру, состоящую из бассейнов более мелких порядков и непостоянных водотоков эрозионной сети. Трифонова Т. А. и Шутов П. С. в [Трифопова, Шутов, 2019, С. 1030] подчеркивают, что изучение внутренней структуры речного бассейна позволяет понять структуру речных бассейнов аналогов, которые на данный момент еще не изучены, в виду недостаточно организованной сети наблюдений.

Таблица 1.1 – Различные трактовки понятия «бассейн реки»

Источник	Определение
Словарь-справочник по физической географии [Словарь-справочник..., 1948, С. 228]	Речной бассейн – это «ограниченная водоразделами часть поверхности земли, заключающая в себе поток или водоём с подчиненным им притоками и охватывающая известную площадь, с которой происходит сток в этот поток или водоём».
Геологический словарь [Геологический словарь, 1973, С. 69]	Водосборный бассейн – это «часть земной поверхности, вместе с толщей почв и горных пород, откуда происходит сток в реку, речную систему, озеро или море».
Гидрологический словарь [Чеботарев, 1978, С. 14]	Бассейн реки – это «часть земной поверхности, включая толщу почвогрунтов, откуда происходит сток вод в отдельную реку, речную систему или озеро».
Теория систем и изучение ландшафта [Демек, 1977, С. 109]	Речные бассейны – это «территории, ограниченные водоразделами и дренируемые в направлении определенного пункта».
Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии [Четырехязычный энциклопедический..., 1980, С. 383]	Речной бассейн – это «территория, с которой вода по поверхности и подземным путем (из толщи горных пород и грунтов) стекает в данную реку».
Географический энциклопедический словарь: Понятия и термины [Географический энциклопедический..., 1988, С.265]	Речной бассейн – это «часть земной поверхности, включая толщу почвогрунтов, с которой вода стекает в реку».
География. Понятия и термины [География..., 2007, С. 471]	Речной бассейн (или речной водосбор) – это «территория, с которой вода по поверхности и подземным путем стекает в данную реку»
Международный гидрологический словарь [Международный гидрологический..., 2012, С. 41]	Бассейн реки – «площадь, имеющая общий исток для ее поверхностного стока».
Корытный Л. М. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию [Корытный, 2017, С. 7]	Бассейн – «особая пространственная система суши, обладающая мощным интегрирующим фактором – водным потоком, направленным по падению склонов и тальвегам, и четкими границами – водоразделами».

Примечание: составлено автором по [Словарь-справочник..., 1948, С. 228; Геологический словарь, 1973, С. 69; Чеботарев, 1978, С. 14; Демек, 1977, С. 109; Четырехязычный энциклопедический..., 1980, С. 383; Географический энциклопедический..., 1988, С. 265; География..., 2007, С. 471; Международный гидрологический..., 2012, С. 41; Корытный, 2017, С. 7]

Бассейновый подход. С понятием «бассейн реки» тесно связано понятие «бассейновый подход». Нужно отметить, что четкого определения, что именно представляет собой бассейновый подход во многих работах [Власова, 2011; Жердев, Зязина, 2004] использующих это

понятие не приводится и как следствие возникает путаница в терминологии и вольность научных трактовок. В самом простом виде С.В. Панков [Панков, 2010, С. 624] формулирует принцип «бассейновости» как деление исследуемой территории на речные бассейны и ее дальнейшее изучение. Самофалова И. А. и Шутов П. С. в работе [Самофалова, Шутов, 2017, С. 49-50] указывают, что бассейновый метод является одним из способов деления ландшафтно-геоэкологического пространства. В.С. Преображенский с соавторами [Преображенский, Александрова, Куприянова, 1988, С. 41] отмечают простоту использования бассейновой модели из-за легкой процедуры выделения границ и иерархической дифференциации составных бассейнов более мелкого порядка, а Д.Д. Килов [Килов, 2016, С. 6] справедливо отмечает, что при выделении речных бассейнов и использовании этих единиц в дальнейшем «элемент субъективизма в районировании будет сведен к минимуму».

М.Д. Гродзинский [Гродзинский, 2014, С. 292] подчеркивает, что можно рассматривать два главных направления изучения бассейнов рек – изучение структуры и функционирования элементарных бассейнов, а также изучение иерархии бассейнов.

Бассейновый подход может применяться в различных сферах деятельности и рассматривается многими авторами на примере как крупных, так и мелких рек в различных исследовательских целях. Например, Дунаева Е.А. и Коваленко П.И. в работе [Дунаева, Коваленко, 2013] используют бассейновый подход для оценки экологического состояния агроландшафтов на территории Крымского полуострова в пределах бассейнов рек; Смирнова Л.Г. с соавторами [Смирнова, Нарожняя, Кожушков, 2015] исследуют речные бассейны Белгородской области для оценки эрозионной опасности; Минеев А.Л. с соавторами [Минаев и др., 2017] используют элементы бассейнового подхода при геоэкологическом районировании территории Архангельской области; Gubareva T. S. [Gubareva, 2012] использует бассейновый подход при гидрологическом районировании Японии; Жердев В. Н. и Зязина Т. В. [Жердев, Зязина, 2004] говорят об организации рекреационного природопользования в бассейне реки Дон; Е.А. Позаченюк и А.Н. Власова [Позаченюк, Власова, 2022] исследует организацию территории в бассейне реки Салгир, С.В. Панков [Панков, 2010] – влияние бассейнов рек на расположение и конфигурацию населенных пунктов в Тамбовской области; Ф.Н. Лисецкий с соавторами [Лисецкий и др, 2019], А.Г. Нарожняя и Я.В. Кузьменко [Нарожняя, Кузьменко, 2012] исследовали бассейновую организацию территории Белгородской области, Л.В. Зорин [Зорин, 1979] предлагает использовать бассейновый подход для природно-ресурсного районирования и пр. А.И. Титов [Титов, 1961, С. 3] активно использует бассейновый подход в геоботанических исследованиях, развивая теорию георастительной системы, под которой он понимает «совокупность растительных сообществ и условий среды в геологическом водосборном бассейне», однако в дальнейшем его идеи не получили должного развития.

Практическая реализация бассейнового подхода имеет ряд сложностей, которые отмечаются многими исследователями. Я.В. Кузьменко с соавторами в [Кузьменко и др., 2012, С. 2432] указывают, что в субъектах Российской Федерации на региональном уровне и в пределах всей площади бассейновых структур практическое обустройство малых и средних рек целенаправленно не проводится. О.П. Ермолаев с соавторами в работе [Картографическая модель..., 2018] отмечают, что в Российской Федерации национальная система управления природопользованием на основе бассейнового подхода находится все еще в стадии становления, а А.Н. Власова [Власова, 2011] указывает на то, что в исследованиях в основном применяется административный принцип, когда административно-территориальные единицы деления являются или операционно-территориальными единицами исследования или объектами исследования, в то время как бассейновый подход используется редко и в основном как дополняющий административный. В тоже время некоторые авторы, по нашему мнению, чрезвычайно гиперболизируют роль бассейнового подхода при решении народно-хозяйственных задач. Так, Л.М. Корытный [Корытный, 2006] предлагает использовать при выделении административных районов (в том числе крупных субъектов федерации) бассейновый подход, что, однако, по нашему мнению, не целесообразно, в силу того, что связность между созданными административными единицами будет осуществляться по транспортной сети, которая будет нарушать пространственный рисунок речных бассейнов, что повлечет дополнительные издержки на поддержание хозяйственной деятельности и развитие инфраструктуры. К тому же неясно как выделять при таком подходе крупные острова, полуострова, анклавов, а так же, как разделять староосвоенные и почти не освоенные регионы.

Бассейн как система. Традиционно бассейн реки можно рассматривать как открытую систему, обменивающуюся с окружающей средой веществом, энергией и информацией. В.М. Пащенко [Пащенко, 1993, С. 58] указывает, что бассейн реки может рассматриваться как один из типов пространственного выражения геосистемных взаимодействий. Л. М. Корытный [Корытный, 2017, С. 9] отмечает, что бассейны представляют собой не только гидрологические, но и геоморфологические системы. Ю. Одум [Одум, 1986, С. 68, 77] указывает на тот факт, что водосборный бассейн можно рассматривать как экосистему. В работах некоторых авторов [Корытный, 1991; Дьяконов, 1981; Трифонова, 2008, С. 31] речной бассейн рассматривается как геосистема. К.Н. Дьяконов [Дьяконов, 1981, С. 29] приводит довольно широкое определение геосистемы, которое позволяет рассматривать речной бассейн как геосистему. В работе [Гродзинский, Савицька, 2014, С. 45] указывается, что речной бассейн может выступать как геокомплекс или как ландшафтный комплекс, а так же, как ландшафтный регион [Гродзинский, Савицька, 2014, С. 104]. Л.М. Корытный [Корытный, 1991, С. 161] говорит о том, что речные бассейны являются особым типом геосистем с высоким уровнем пространственно-временной

организации, которые формируют склоновые и русловые потоки. Л. М. Коротный в более поздней работе [Коротный, 2017, С. 12] отмечает, что речной бассейн может рассматриваться как «природная геосистема высокой степени целостности, сочетающая абиогенную основу (литоорогидросистему) специфическими рядами функционирования биоты, как квазикибернетическая, саморегулирующаяся, парадинамическая и парагенетическая система, как наиболее подходящий объект для всестороннего применения системного подхода» и также как [Коротный, 2017, С. 14] «интегральная природно-хозяйственная система». В связи с этим Д.Д. Килоев [Килоев, 2016, С. 5] предлагает использовать геосистемно-бассейновый подход, подчеркивая функциональную целостность и замкнутость вещественно-энергетических круговоротов в пределах бассейна.

М.Д. Гродзинский говорит о том, что бассейн реки, может рассматриваться в рамках концепции полиструктурности территориального устройства ландшафта – в рамках изучения бассейновой структуры [Гродзинский, 2014, С. 54, 69], а В.М. Петлин [Петлин, 2020, С. 323-324] указывает, что бассейновая структура представляет собой совокупность структурно-функциональных образований, где каждая индивидуальная функциональная структура повторяет такую в элементарных территориальных системах, только на более высоком иерархическом уровне. Это также подчеркивается А.В. Хорошевым [Хорошев, 2016, С. 12], который указывает на формирование полиструктурности географического пространства и необходимости применения разных способов его описания в зависимости от целей исследования. *В связи с этим, нельзя рассматривать речной бассейн, как только гидрологическую систему, а следует рассматривать ее именно как эколого-географическую систему.*

А.Г. Исаченко [Исаченко, 1991, С. 283] отмечает, что только элементарный водосбор – «сопряженный фациальный ряд, который, как правило, «укладывается» в рамки одного ландшафта» – может рассматриваться как функциональное единство всех его частей, в том числе склонового и руслового стока. М.Д. Гродзинский [Гродзинский, 2014, С. 290-291] в тоже время отмечает, что в пределах элементарного водосбора формируются территориальные единицы ландшафта, где площадные (склоновые) потоки сливаются в общий линейный.

По Л.М. Коротному [Коротный, 1991, С. 162], в бассейне реки, как геосистеме, «различаются два главных функциональных уровня – склоны и гидрографическая сеть, рассматриваются вертикальные связи между земной поверхностью, воздушным, водным и подземным ярусами, глобальный, региональный и локальный уровни пространственной размерности, а также динамический, эволюционный и катастрофический аспекты развития». В. Н. Жердев и Т. В. Зязина в работе [Жердев, Зязина, 2004, С. 190] отмечают, что «...структура бассейна фактически саморегулируется под влиянием условий внешнего мира и является

определяющей для сохранения устойчивого функционирования природно-антропогенных геосистем».

Существует также расхожее мнение, что бассейновый подход может быть противопоставлен физико-географическому или ландшафтному. А.Г. Исаченко [Исаченко, 1991, С. 283] указывает, что это утверждение является неверным, в силу того что водосбор крупного водотока нельзя рассматривать как функциональное целое. В тоже время М.Д. Гродзинский [Гродзинский, 2014, С. 290] указывает на то, что бассейновая ландшафтная территориальная структура формируется как под влиянием русловых и не русловых потоков, однако даже элементарные бассейны можно рассматривать как гетерогенное образование [Гродзинский, 2014, С. 293]. В [Гвоздецкий, Панахов, 1980] указывается, что функционирование высотных зон встраивается в систему речных бассейнов.

В тоже время Н.Л. Чепурко [Чепурко, 1981, С. 144] разрабатывая представления о природно-хозяйственной системе, указывает что она может существовать только в границах речных бассейнов. Г.И. Швобс в работе [Швобс, 1987, С. 35-36] при разработке концепции природно-хозяйственных территориальных систем, говорит о том, что пространство должно разграничиваться по бассейновому принципу и образовывать ряд природно-хозяйственных единиц. К природно-хозяйственным единицам, могут относиться бассейновые природно-хозяйственные системы, такие как бассейн притоков n -го порядка, бассейн главной реки, бассейн водоема.

Б.И. Кочуров и Ю.Г. Иванов [Кочуров, Иванов, 1987, С. 49] отмечают, что «в результате взаимодействия природных и хозяйственных объектов и антропогенного влияния окружающую среду формируются определенные эколого-хозяйственные системы».

Е.А. Позаченюк с соавторами приводит [Позаченюк, Тимченко, Кутикова, 2022, С. 70] мнение что ландшафты бассейна реки являются речными ландшафтами и тем самым обособливая их как отдельную единицу при выделении современных ландшафтов. В работе [Современные ландшафты..., 2009] Е.А. Позаченюк выделяет современные речные ландшафты, которые являются «сложной трехмерной пространственно-временной геосистемой, обособившейся в пределах ландшафтной сферы за счет процессов самоорганизации природного и регулируемого (осознанного или стихийного) антропогенного» [Современные ландшафты..., 2009, С. 14]. Таким образом в трактовке Е.А. Позаченюк современный ландшафт включает как природную составляющую (подсистему), так и хозяйственную.

Подытоживая вышесказанное, можно утверждать, что к началу XXI века наметилась тенденция рассматривать бассейн реки как сложную систему, состоящую как из природной, так и антропогенной составляющей. В нашем понимании, учитывая природный, хозяйственный и социальный блоки и составляющие, мы можем рассматривать в дальнейшем бассейн реки как

сложную геоэкосистему. В нашем понимании данный термин подчеркивает и пространственно-географический характер речного бассейна, и его функционально-экологические связи как со средой, так и внутри самой системы. К тому же, несмотря на кажущуюся новизну термина, он уже довольно часто используется в литературе.

Например, в работе [Боков и др., 1996, С. 8] приводится следующее определение: «геоэкосистемы – это управляемые или контролируемые человеком территориальные системы, представляющие участки ландшафтной сферы с характерными для них процессами теплообмена и влагообмена, биогеохимическими круговоротами, определенными видами хозяйственной деятельности и социокультурных отношений» и отмечается, что термин «геоэкосистема» указывает на различное сочетание природных и социально-экономических условий в пределах исследуемой территории. По [Боков и др., 1996, С. 9] геоэкосистемы включают три группы элементов: геосистемы (в том числе ландшафты), человека (а также социальные, профессиональные, этнические и другие группы людей), хозяйственно-экономические системы (в том числе технические).

А. Н. Некос [Некос, 2007, С. 35] указывает, что под геоэкосистемой понимается «природная или техногенная система, в которой жизнь и развитие организмов прямо или косвенно определяются составом и концентрацией химических элементов в компонентах ландшафтов, а следовательно, спецификой геохимической среды, зависящей от ряда факторов: величины рН, солёности, хлоридности, карбонатности и др.» и таким образом подчеркивая влияние внешних факторов среды на функционирование этой системы.

Некоторые авторы идут еще дальше и предлагают оперировать понятием «геоэкосоциосистема», под которой подразумевают «природно-антропогенный комплекс, в пределах которого природные, антропогенные, демографические, этнические и социокультурные факторы находятся в тесном взаимодействии, образуя однородную по условиям развития, единую, неразрывную, присущую данному региону или местности систему» [Кочуров, 2016, С. 269]. Однако, по нашему мнению, уместнее использовать термин «геоэкосистема», который включает социальную систему и является более устоявшимся и не таким громоздким.

Рассмотрение бассейна реки как геоэкосистемы позволяет применять на практике экологический подход к бассейну в целом и к бассейнам мелких порядков по отдельности. Здесь мы полностью согласны с мнением М.Д. Гродзинского [Гродзинский, 2014, С. 291], что в ландшафтно-экологическом подходе к познанию речных бассейнов главное внимание должно уделяться изучению территориального и функционального устройства речных бассейнов, их взаимодействию между собой, процессам которые в них происходят, а не только классическому гидрологическому изучению стока и загрязнения в пределах бассейна реки. В связи с этим

бассейновый подход можно рассматривать как основу формирования оптимальных операционно-территориальных единиц для исследования различных явлений и процессов, ограниченных естественно-географическими рубежами.

1.2. Геоэкологическое состояние и геоэкологическая ситуация: соотношение понятий

В Историко-этимологическом словаре современного русского языка [Черных, 1999, С. 165] указывается, что слово «ситуация» французского происхождения и восходит к средневековой латыни и обозначают «располагать», «размещать». В Этимологическом словаре русского языка М. Фасмера [Фасмер, 1987, С. 629] говорится, что слово приходит с польского языка и трактуется как «положение». Анализ толковых словарей показывает, что ситуация – это «положение, сложившееся в силу стечения обстоятельств» [Черных, 1999, С. 165], «обстановка, положение, возникшее на основе стечения, совокупности каких-либо условий и обстоятельств» [Большой толковый..., 1998, С. 1190], «совокупность условий и обстоятельств, создающих те или иные отношения, обстановку, положение» [Словарь русского..., 1988, С. 100]. Одновременно с этим, слово состояние обозначает «положение, в котором кто-либо, что-либо находится» [Словарь русского..., 1988, С. 209; Большой толковый..., 1998, С. 1241].

Существует несколько точек зрения на трактовку понятий «геоэкологическая ситуация» и «геоэкологическое состояние», а также понятия, используемые в тех же значениях и как синонимы. Изначально возникло понятие «экологическая ситуация», которое в дальнейшем претерпело некоторые изменения, однако сохранило свою основную суть.

Г. А. Московкина [Московкина, 2015, С. 259] приводит следующие определение экологической ситуации – это «изменчивое во времени и пространстве состояние окружающей природной среды, которое формируется под воздействием загрязнения и других антропогенных факторов». А. В. Самойлова [Самойлова, 2016, С. 112] указывает, что экологическая ситуация представляет собой ухудшение окружающей среды, например, загрязнение вод, воздуха, деградации почв и т. д., рассматриваемое как общественно неоправданное или опасное

Несколько иное определение дает Б.И. Кочуров [Кочуров, 2016]. Согласно Б.А. Кочурову [Кочуров, 2016, С. 22], экологическая ситуация – это «территориальное сочетание различных, в том числе негативных и позитивных с точки зрения проживания и состояния здоровья населения, природных условий и факторов, создающих на территории определенную экологическую обстановку разной степени благополучия и неблагополучия», т.е. пространственное распределение экологических проблем.

Однако все авторы сходятся на мнении, что экологическая ситуация представляет собой совокупность проблем, вызванных деятельностью человека на определенной территории.

Несмотря на уже более чем 40-летнюю историю внедрения и использования понятийный аппарат использует также многие синонимы для понятия «экологическая ситуация» [Троценко, Рябинина, 2014]. Многие авторы не разделяют понятия «экологическая ситуация» и «геоэкологическая ситуация» вкладывая в них одинаковый смысл. Также многие авторы используют и другое понятие близкое к рассматриваемым – «эколого-географическая ситуация» [Критические экологические районы..., 1991; Шестаков, 1992]. Согласно [Шестаков, 1992, С. 242], эколого-географическая ситуация – это «пространственно-временное сочетание взаимосвязанных природных, экономических, социальных и политических условий, которое характеризует изменения в географической среде, обуславливающие относительно устойчивую во времени обстановку систем жизнеобеспечения человека и влияющие на уровень развития и степень удовлетворения потребностей общества».

А. Н. Петин с соавторами [Техногенная трансформация геологической..., 2016, С. 71] указывают, что геоэкологическая ситуация представляет собой «свойство геосистемы ... возникающее в результате техногенных изменений природных характеристик территории, характеризующихся специфическим набором геоэкологических проблем, неблагоприятных (в различной степени) для жизни человека и хозяйственной деятельности».

Согласно А.И. Лычаку [Лычак, 2002, С. 130] под геоэкологической ситуацией понимается «территориальная совокупность состояний геоэкосистем, рассматриваемая с нескольких точек зрения: а) с точки зрения состояния геосистем относительно природной нормы; б) с точки зрения пригодности геосистем для различных видов хозяйственной деятельности; в) по степени благоприятности (неблагоприятности) геосистем для физиологии человека; г) по оптимальности территориального сочетания природных геосистем, природно-антропогенных геосистем и техногенных комплексов для достижения оптимального эколого-социально-экономического эффекта».

А.И. Лычак разрабатывает оценку геоэкологической ситуации опираясь на ландшафтный подход, при этом [Лычак, 1998, С. 399] ландшафты являются основой для процессов взаимодействия природных объектов, человека и техногенных систем. То есть опираясь на этот подход можно применить разработки А.И. Лычака по оценке геоэкологической ситуации к бассейну реки в силу того, что последний можно рассматривать как геоэкосистему. В тоже время А.И. Лычак [Лычак, 1998, С. 399] дополнительно подчеркивает, что система при анализе геоэкологических ситуаций, рассматривается одновременно и как объекты и как субъекты анализа.

А.И. Лычак [Лычак, 1999, С. 383; Лычак, 2002, С. 130] указывает на то, что геоэкологическая ситуация включает рассмотрение системы отношений трех блоков: природных геосистем, человека и сфер деятельности человека, т.е. общества (рис. 1.1). Похожей позиции придерживаются и Н.Ф. Глазовский с соавторами [Критические экологические районы..., 1991, С. 12], указывая, что при анализе экологических ситуаций особое место отводится изучению состояния триады природа-население-хозяйство.

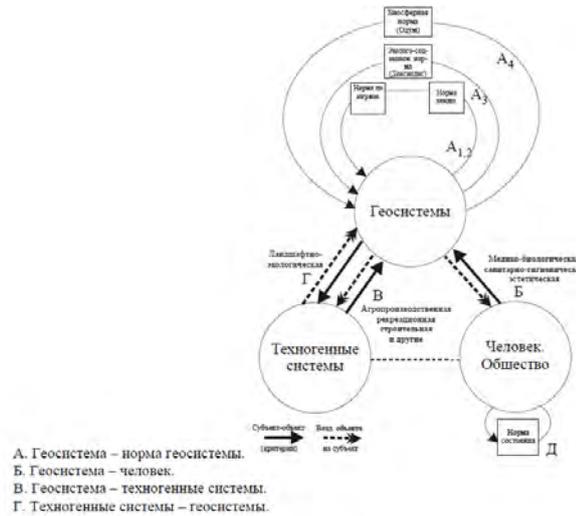


Рис. 1.1 – Графическая схема соотношения блоков оценки геоэкологической ситуации [Лычак, 1999, С. 383].

Важным, но частично не решенным до сих пор, является подход разработанный А.И. Лычаком, который, в [Лычак, 2002д], предлагает производить оценку нарушенности территории по отклонению от нормы. В.А. Боков с соавторами [Боков и др., 2019, С. 152-154] приводят шкалу баллов по степени отклонения от нормы, однако на практике этот подход не рассматривается и шкала, как отмечают сами авторы [Боков и др., 2019], представляет собой довольно упрощенное видение проблемы и включает только 4 класса: ненарушенные (1 балл), слабонарушенные (2 балла), средненарушенные (3 балла) и сильнонарушенные (4 балла) ландшафты.

По мнению Б.И. Кочурова [Кочуров, 2016, С. 66], под отклонением характеристик современного состояния окружающей природной среды от нормативного понимается такое состояние среды, при котором не возникает угроза здоровью человека, не проявляются процессы деградации природных ресурсов и естественных экосистем и ландшафтов.

А.И. Лычак [Лычак, 1988, С. 355] выделяет три варианта оценки геоэкологической ситуации. В первом случае, ситуации, рассматриваются через состояния субъекта, во втором –

через состояние объекта (среды), а в третьем – через анализ соотношений состояний субъектов и объектов. Согласно А.И. Лычаку [Лычак, 2002, С. 130] «экологическая оценка» трактуется в двух значениях. Под экологической оценкой, во-первых, мы можем понимать, «степень пригодности участка территории, региона для жизни человека, произрастания тех или иных видов растений или животных, или сельскохозяйственных культур, для той или иной формы деятельности» и во-вторых, как «форма учета условий или ресурсов, когда их невозможно или трудно измерить (вообще определить) и тогда их определяют с помощью тех или и иных прикидок, в том числе и расчетов».

Согласно Б.И. Кочурову [Кочуров, 2016, С. 48] выделяют три основных типа системы оценки экологической ситуации: оценка качества природной среды для здоровья человека, включая анализ опасности окружающей среды; оценка антропогенных воздействий и нагрузок; оценка негативных изменений окружающей природной среды.

Таким образом можно говорить о том, что понятия «экологическая ситуация» и «геоэкологическая ситуация» рассматриваются как синонимы, используемые для описания состояния окружающей природной среды под воздействием антропогенных факторов и представляют собой совокупность проблем, вызванных деятельностью человека на определенной территории. По нашему мнению, уместнее использовать понятие «геоэкологическая ситуация». Геоэкологическая ситуация должна рассматриваться через состояние субъектов (человека), состояние объектов (среды) и анализ соотношений между ними. Предлагается использование трех блоков для геоэкологической оценки: природных геосистем, человека и сфер деятельности общества. До сих пор не разработана единая методика оценки экологических ситуаций и существует множество подходов к ее оценке, которые могут включать различные аспекты, такие как состояние геосистем относительно природной нормы, пригодность геосистем для хозяйственной деятельности, благоприятность или неблагоприятность геосистем для человека и т.д. Важным аспектом является оценка различных факторов по отклонению от нормы, однако методика таких оценок и шкалы оценки разработаны крайне слабо.

Рассмотрим, что понимается под экологическим состоянием. По мнению Г.Б. Карсабаева, экологическое состояние – это «состояние окружающей среды в данной точке (или на данной локальной территории), характеризующееся качеством воды, воздуха, почвы и т.п.» [Карсабаева, 2005, С. 108]. А. В. Чернов и Л. В. Злотина указывают [Чернов, Злотина, 2016, С. 107], что под экологическим состоянием понимается общее статистически устойчивое состояние того или иного объекта (системы), рассматриваемое с точки зрения человека и полезной ему биоты.

С понятием «экологическое состояние» тесно связано понятие «экологическая обстановка», которое, согласно [Кочуров, 2016, С. 362-8] определяется как «конкретное

состояние окружающей человека среды, обусловленное взаимодействием природы и хозяйственной деятельности человека».

А.Н. Ласточкин [Ласточкин, 2002, С.44] указывает на формирование особого геоэкологического пространства, которое представляет собой «часть земного пространства, которая в разной мере освоена человеком и может рассматриваться в виде целостного интегративного объекта, включающего человеческое общество (с рукотворными образованиями, явлениями, процессами с окружающей его живой и костной, «первой» и «второй», природой).

По мнению А.Ю. Ретеюма речной бассейн можно рассматривать также и как ресурсную систему. В [Ретеюм, 1988, С. 238] отмечается, что «один из наиболее типичных примеров ресурсных систем – речной бассейн, где в пределах долины и устья реки помимо водных сосредоточены земельные, минеральные, растительные, рыбные, охотничье-промысловые и иные ресурсы аллювиального (в широком смысле этого слова) происхождения, отличающиеся ценными качествами и во многих случаях вне сфер влияния рек вообще не встречающиеся». Таким образом мы можем подойти к вопросу об оценке потенциала речного бассейна, с которым напрямую связано проведение геоэкологической оценки.

В.В. Козин [Козин, 2007, С. 14] говорит о ландшафтно-экологическом потенциале, который представляет собой «производительные возможности ландшафтного природного пространства по удовлетворению запросов человека и общества, а также самой природы в смысле саморегулирования экосистем». Ахметжанова З. Х. с соавторами [Ахметжанова, Бурлибаева, Рыскельдиева, 2021, С. 85] отмечают, что потенциал ландшафта имеет две составляющие – экологический и ресурсный. Экологически значимые и ценные свойства ландшафта и его природный потенциал (потенциалы устойчивости, ресурсный и экологический) имеют важное значение для экологической оценки территории [Кочуров, 2016, С. 35]. Очевидно, что природно-ресурсный потенциал староосвоенных населенных мест и их окрестностей будет намного меньше, чем еще перспективных к освоению территорий. Применительно к бассейнам это может означать что бассейны 1-го и 2-го порядка наиболее подвержены освоению в будущем, так как сейчас основное развитие природопользования приурочено к нижним и средним частям бассейнов 3-го и более порядков.

С использованием понятия потенциала системы тесно связано понятие о функциях, которые она может выполнять. В тоже время нужно понимать, что функции места могут меняться в зависимости от принимаемых управленческих решений при территориальном планировании. В.С. Преображенский с соавторами [Преображенский, Александрова, Куприянова, 1988, С. 145] связывает это с «появлением у общества новых потребностей и изменение спроса на территорию со стороны уже сформировавшихся, но непрерывно меняющихся общественных потребностей». А. А. Минц и В. С. Преображенский [Минц, Преображенский, 1970, С. 124] отмечают, что «в

большинстве случаев использование места для решения той или иной хозяйственной или непроектной задачи исключает его одновременное использование для решения других задач», однако говорить только о том что одному месту соответствует одна функция, им выполняемая, можно только в жестких статических условиях, а в большинстве случаев мы можем говорить о множественности функций выполняемых местом последовательно, а иногда и одновременно.

М.Д. Гродзинский [Гродзинский, 2014, С. 516] пишет, что бассейновая территориальная структура ландшафта выполняет две основные функции – водоохранную и агропроизводственную. А.Г. Исаченко [Исаченко, 1991, С. 152], говорит о том, что у «ландшафта две функции. Первая – экологическая, то есть функция удовлетворения потребностей человечества как части живой природы - свете, тепле, воздухе, воде, пище; вторая – ресурсная, или производственная, выражающаяся в способности ландшафта обеспечивать общественное производство энергетическими и сырьевыми ресурсами» [Исаченко, 1991, С. 152]. Е.А. Позаченюк [Современные ландшафты..., 2009, С. 27-28] выделяет естественные функции ландшафтов, к которым относит рудообразующие, регулирующие, ресурсо-воспроизводящие, несущие и информационные функции, а также социально-экономические функции – производственные, социальные, экологические, резервные, заповедные. Более подробный анализ функций, которые выполняет ландшафт приведены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Функции, которые может выполнять ландшафт

Источник	Функции
[Ахметжанова, Бурлибаева, Рыскельдиева, 2021]	средообразующие, ресурсосодержащие и ресурсовоспроизводящие функции
[Современные ландшафты..., 2009]	естественные и социально-экономические функции
[Исаченко, 1991]	экологическая и ресурсная функция
[Соболева, Язиков, 2010]	ресурсовоспроизводящая, средовоспроизводящая и природоохранная функции
[Марцинкевич, Счастливая, 2013]	природные и социально-экономические функции

Примечание: составлено автором по [Ахметжанова, Бурлибаева, Рыскельдиева, 2021; Современные ландшафты..., 2009; Исаченко, 1991; Соболева, Язиков, 2010; Марцинкевич, Счастливая, 2013]

Понятие о функциональной роли той или иной территории или ландшафтов тесно связано с концепцией экологической ниши, а именно функциональной экологической нишей. Функция территории или ландшафта при этом в основном может быть также связана с типом его использования. Некоторые авторы указывают на связь между потенциалом и типами использования территории. Так, например, М.Д. Гродзинский [Гродзинский, 1983, С. 8] отмечает, что, например, на территории Тарханкутского полуострова каждый ландшафтный ярус

имеет определенный природно-ресурсный потенциал, поэтому специфичен по видам хозяйственного использования. Таким образом мы подходим к тому, чтобы использовать концепцию экологической ниши (в том числе ее многомерную интерпретацию в трактовке G.E. Hutchinson [Hutchinson, 1957] для оценки экологических ниш различных функциональных объектов исследования. Таким образом функции, которые выполняет территория являются важным элементом при ее геоэкологической оценке.

Таким образом можно сказать, что геоэкологическое состояние определяется качеством окружающей среды в конкретной точке или в пределах определенной территории, включая такие критерии оценки как – вода, воздух, почва и др., что в свою очередь связано с конкретным состоянием окружающей среды, обусловленным взаимодействием природы и хозяйственной деятельности человека. Из-за этого формируется особое геоэкологическое пространство, которое представляет собой часть земного пространства, освоенную человеком, и включает в себя как рукотворные образования и происходящие там процессы, так и природу. В пределах этого пространства функционируют геоэкоосистемы, как целостные образования, к которым относятся речные бассейны. При этом участки земной поверхности расположенные в пределах бассейна реки могут выполнять различные функции, которые могут быть оценены с использованием концепции экологической ниши при оценке геоэкологического состояния бассейна реки.

1.3. Представление об оценке геоэкологического состояния бассейна реки

В современной научной литературе используются понятия «геоэкологическая оценка», «оценка геоэкологического состояния» и еще ряд других. Разберем основные особенности их использования. А.И. Иванченко [Иванченко, 2022, С. 9] приравнивает понятия экологическая оценка и геоэкологическая оценка территории. В работе [Лычак, 2002] приводится подробная характеристика целей геоэкологической оценки. Существует несколько различных определений что подразумевается под экологической или геоэкологической оценкой. Основные определения представлены в таблице 1.3.

Б.И. Кочуров [Кочуров, 2016, С. 21] выделяет пять этапов проведения геоэкологической оценки территории: установление природно-ландшафтной дифференциации; определение состояния ландшафтов и их компонентов; установление антропогенных воздействий на ландшафт; выяснение потенциальных возможностей ландшафтов противостоять антропогенным нагрузкам; определение экологических ситуаций и оценка степени их остроты; разработка рекомендаций по улучшению экологической обстановки.

Таблица 1.3 – Определения понятия «геоэкологическая/экологическая оценка»

Источник	Определение
Кочуров [Кочуров, 2016, С. 19, С. 21]	Геоэкологическая оценка – это «определение степени пригодности (благоприятности) природно-ландшафтных условий территории (в т. ч. измененных человеком) для проживания человека и какого-либо вида хозяйственной деятельности».
Кочуров [Кочуров, 2016, С. 53]	Экологическую оценку территории проводят с целью выявления основных экологических проблем, характерных для исследуемой территории, и определения остроты каждой отдельно взятой экологической проблемы и их совокупности.
Егоренков, Кочуров [Егоренков, Кочуров, 2005, С. 35].	«определение различных видов антропогенных (технических) воздействий на ландшафты, в том числе в зонах влияния (за пределами ареала непосредственного воздействия)».
Дмитриев с соавторами [Дмитриев и др., 2016, С. 39]	«Геоэкологическая оценка — это параметрическое определение состояния антропогенно-трансформированных геосистем, обеспечивающего существование конкретных сообществ живых организмов и человека (общества), с целью выделения антропогенной составляющей и последствий этих изменений на фоне природных процессов».
Осипов [Осипов, 2016, С. 285]	«Геоэкологическая оценка представляет собой пространственный многопараметрический анализ природно-ресурсного потенциала естественных и антропогенно-измененных ландшафтов с целью определения их возможности устойчиво выполнять задаваемые им социально-экономические функции без нарушения функций жизнеобеспечения (средо- и ресурсовоспроизводства)».

Примечание: составлено по [Кочуров, 2016; Егоренков, Кочуров, 2005; Дмитриев и др., 2016; Осипов, 2016]

И.С. Копылов в работе [Копылов, 2011] предлагает использовать 10 компонентов природной среды, которые выражаются через процессы, происходящие в пределах каждого из рассматриваемых компонентов. Кириллов С. Н. и Половинкина Ю. С. [Кириллов, Половинкина, 2011] выделяют 8 критериев, по которым нужно производить геоэкологическую оценку. Штырова В. К. и Нестерова О. Е. в работе [Штырова, Нестерова, 2009] показывают методику построения картографической модели геоэкологической оценки территории, которая состоит из 4 этапов и строится на использовании более чем 10 различных критериев для построения интегральной карты геоэкологической оценки территории.

Б.И. Кочуров [Кочуров, 2016, С. 38] отмечает, что экологическая оценка территории включает изучение как природных (природно-ландшафтная дифференциация территорий и потенциал устойчивости к антропогенным воздействиям), так и антропогенных (вид использования территории и степень антропогенной нагрузки) факторов.

И.В. Завальнюк [Завальнюк, 1999, С. 339] предлагает оригинальную методику оценки геоэкологического состояния территории опираясь на ландшафты в качестве исходных операционно-территориальных единиц и состоящую из трех этапов – оценки коэффициента ландшафтно-экологического потенциала, оценки геоэкологического состояния на уровне компонентов ландшафта с учетом фактической антропогенной нагрузки и создании комплексной оценочной карты. При этом, И.В. Завальнюк [Завальнюк, 1999, С. 339] подчёркивает, что геоэкологическая оценка в этом случае производится с позиции антропоцентризма или с позиций человека и его жизнедеятельности. В [Охременко, 2008] И. В. Охременко приводит методику оценки геоэкологического состояния которая включает в себя следующие этапы – составление ландшафтной карты, оценка экологического потенциала ландшафтов, комплексная оценка геоэкологического состояния ландшафтов и выработка рекомендательных мероприятий. В целом эти методики можно применять при рассмотрении бассейна реки как геоэкосистемы.

Интересен также, тот факт, что в работах некоторых авторов [Какшина, 2010; Якубович, 2002] использование понятия «геоэкологическая оценка» ограничивается лишь качественным описанием отдельных показателей, что безусловно создает проблемы при комплексной оценке территории и вообще противоречит смыслу, вкладываемым в понятие «оценка».

Стоит учитывать тот факт, что геоэкологическая оценка может проводится как для территории в целом и представляет собой комплексную оценку, так и для отдельных компонентов среды, которые в дальнейшем могут использоваться при комплексной оценке территории. Например, Дрововозова Т.И. с соавторами [Дрововозова, Тесаловская, Дрововозова, 2018] провели геоэкологическую оценку подземных вод Ростовской области; Исмагилова Р.С. и Курамшина Н.Г. [Исмагилова, Курамшина, 2021] провели геоэкологическую оценку загрязнения поверхностных вод республики Башкортостан; Зеленская Е.Я. и Маринина О.А. [Зеленская, Маринина, 2021] проводили геоэкологическую оценку почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова и пр.

Ряд авторов [Позаченюк, 2003; Позаченюк, Панкеева, 2008] рассматривают проведение геоэкологической оценки через оценку потенциала различных компонентов окружающей среды – геоморфологического, климатического, ландшафтного и пр.

В работе [Боков, Черванев, 2012, С. 6] В.А. Боков и И.Г. Черванев указывают на то, что при использовании экологического подхода исследователь вводит критерии субъекта для получения оценки объекта и благодаря субъекту содержание приобретает оценочный смысл: те или иные характеристики становятся в разной степени ценными, вредными или полезными, нужными или ненужными и т.д. В.А. Боков и И.Г. Черванев [Боков, Черванев, 2012, С. 6] предлагают использовать 9 основных пар субъект-объектных отношений: человек (общество) – ландшафт (биосфера); ландшафт – человек; ландшафт (биосфера) – технические системы

(техносфера); ландшафт (биосфера) – хозяйственная деятельность; технические системы (техносфера) – ландшафт (биосфера); хозяйственная деятельность – ландшафт (биосфера); природные системы (ландшафт и др.) – нормы природных систем; человек (социум) – норма человека (социума); человек (общество) – окружающая среда. Таким образом оценка геоэкологического состояния может проводиться и для отдельных компонентов окружающей человека среды, которые представляют интерес для человека и его хозяйственной деятельности, так и комплексно. В экологическом картографировании [Боков, Черванев, 2012, С. 6] выделяются четыре взаимодействующих элемента: исследователь – объект (окружающая среда) – субъект (хозяйин) – карта.

Ряд авторов используют понятие «оценка геоэкологического состояния». Для оценки геоэкологического состояния могут применяться различные методики. Ахметжанова З. Х. с соавторами [Ахметжанова, Бурлибаева, Рыскельдиева, 2021, С. 83] указывают, что геоэкологическая оценка территории может быть проведена с использованием метода расчленения природно-ресурсного потенциала на его составляющие, который сводится к анализу частных потенциалов – природно-экологического, эколого-ресурсного и хозяйственного. В тоже время Ахметжанова З. Х. с соавторами [Ахметжанова, Бурлибаева, Рыскельдиева, 2021, С. 83] подчеркивают, что комплексная оценка региона часто может вылиться в решение и рассмотрение экономических, социальных и экологических вопросов по отдельности.

В [Копылов, 2011] И.С. Копылов отмечает, что интегральная оценка экологического состояния «осуществляется на основе определенного числа наиболее представительных показателей», что в свою очередь порождает нерешенный и, возможно нерешаемый, вопрос о выборе наиболее представительных показателей.

Критерии применяемые при геоэкологической оценке могут быть самыми разными и отличаются как от пространственного положения объекта исследования, так и от масштаба исследования, целей и задач исследования. Большинство авторов сходятся на мнении что они должны рассматривать все наиболее значимые компоненты природной среды.

В тоже время в работе [Банчева, Алексеева, 2017] отмечается, что геоэкологическая оценка может проводиться по административно-территориальным образованиям, ландшафтам или единицам физико-географического районирования, регулярной сетке, речным бассейнам.

Геоэкологической оценке территорий речных бассейнов посвящено незначительное количество работ. Практически все они выполнены по различным методикам и трудно сопоставимы между собой. Например, Карпенко Н.П. [Карпенко, 2018] исследовал бассейн реки Медвенка в Московской области и с использованием бальной оценки, которая включала в себя 10 различных показателей; Сысоева П.С. [Сысоева, 2017] при оценке геоэкологической ситуации в бассейне реки Днепр при бальной оценке использует 6 показателей; Белов Н.С. в работе [Белов,

2011] при оценке геоэкологической ситуации в речных бассейнах Калининградской области использован бальный подход и коэффициенты рассчитанные по 16 показателям; бальная геоэкологическая оценка также использована Алиевой А.Х. в работе [Алиева, 2017] для бассейна реки Амур.

Большое количество работ [Геоэкологическая оценка качества..., 2016; Буковский, Коломейцева, Решетов, 2013; Павлов, 2013] посвящено оценке геоэкологического состояния именно реки и ее притоков, т.е. самого водного объекта, а не всего речного бассейна в целом. В тоже время сам речной бассейн играет важную роль при геоэкологической оценке, в силу своих свойств и функций, которые он выполняет. В [Гродзинский, 2014, С. 479] подчеркивается, что в пределах речного бассейна возможна наилучшая разработка и реализация устойчивого развития территории для достижения устойчивого развития и решения экологически проблем.

А.В. Хорошев [Хорошев, 2016, С. 19] отмечает, что утрата тех или иных экологических функций частью бассейна (убежище для животных, регулирование стока, регулирование теплового режима и др.) при планировочных решениях должна быть компенсирована сохранением, восстановлением или созданием аналогичного природного комплекса в другой части бассейна и только тогда появляется шанс на сохранение эмерджентного эффекта пространственной структуры. В работе [Современные ландшафты..., 2009, С. 185] звучит предложение о формировании природоохранных бассейновых систем, которые имеют четко регламентированную структуру, которая выделяется наличием водоохранных зон и определенным количеством средообразующих ресурсов (в основном лесов), призванных обеспечить качество и количество водных ресурсов. По мнению [Егоренков, Кочуров, 2005, С. 21] проведение геоэкологической оценки означает анализ качества окружающей природной среды и ее изменения под воздействием факторов среды. Применение экологического/геоэкологического подходов при геоэкологической оценке речных бассейнов требует понимания выделения субъектов и объектов оценивания.

Для реализации проведения геоэкологической оценки в пределах бассейна реки используются различные географические информационные системы, а в последние годы и технологии облачного вычисления. Очевидно, что применение географических информационных систем связано напрямую с технологиями интернет-картографирования и созданием геопорталов. Учитывая тот факт, что данные на входе и выходе в ГИС представлены в векторном и растровом форматах то их удобно размещать в сети Интернет.

Таким образом, геоэкологическая оценка речного бассейна является важным инструментом для определения степени пригодности природных условий для проживания человека и осуществления хозяйственной деятельности в пределах территории речного бассейна. Важно учитывать антропоцентрический подход при геоэкологической оценке, то есть оценивать

влияние как природных, так и антропогенных факторов на геоэкосистемы и их способность выполнять различные функции.

1.4. Теоретико-методологические основы выбора критериев для проведения оценки геоэкологического состояния речного бассейна с использованием ГИС

При проведении геоэкологической оценки в бассейне реки с использованием современных дистанционных технологий и геоинформационного моделирования необходимо учитывать различные критерии.

Выделение бассейнов и суббассейнов рек. Цифровая модель рельефа (ЦМР) – это общий термин для цифровых топографических и/или батиметрических данных во всех их формах [Manune, 2007]. Оценке точности ЦМР посвящено большое количество работ, которые рассматривают как практическую, так и теоретическую сторону этого вопроса [Mesa-Mingorance, Ariza-López, 2020; A high-accuracy map..., 2017; Vertical Accuracy of..., 2020; Gonzalez-Moradas, Viveen, 2020]. Число этих научных работ постоянно увеличивается в связи с улучшением имеющихся и выходом на рынок новых наборов геоданных, что представляет еще больший интерес для исследователей. В последние годы активно используются ЦМР, созданные с применением БПЛА [Uysal, Toprak, Polat, 2015; Challenges and Opportunities..., 2018; UAV-DEMs for..., 2020; Escobar Villanueva, Iglesias Martnez, Prez Montiel, 2019], которые обладают большой точностью, но практически во всех случаях не доступны для широкого круга исследователей. ЦМР активно применяются в изучении ледников [Multi-Annual Kinematics of..., 2018; Fischer, Huss, Hoelzle, 2015], лесов [Quantifying the spatial..., 2018; Mapping CORINE Land..., 2015], небесных тел [Florinsky, Filippov, 2017; The Hypanis Valles..., 2018] и в других областях исследования. Но, одна из самых больших ниш занята работами в области изучения морфометрии речных бассейнов [Пьянков, Шихов, 2016; Morphometric Analysis Using..., 2020; Performance comparison among..., 2021; Yermolaev, Mukharamova, Vedeneeva, 2021; Integrated study on..., 2019], активно применяющим ЦМР для выделения и характеристики речных бассейнов. Российский и зарубежный опыт использования ЦМР для целей выделения речных бассейнов проанализирован С.В. Пьянковым и А.Н. Шиховым в работе [Пьянков, Шихов, 2016, С. 9-15].

Российская наука, как отмечают С.В. Пьянков и А.Н. Шихов [Пьянков, Шихов, 2016, С. 13] до последнего времени испытывала существенное отставание в развитии из-за отсутствия открытого доступа к базовым картографическим и гидрометеорологическим данным, однако сейчас эта проблема решается наличием большого количества данных дистанционного зондирования Земли и ЦМР высокого разрешения в открытом доступе. Следует отметить, что

большинство геоданных распространяемых в открытом доступе приходится на исследования, выполняемые иностранными государствами, совершающие недружественные действия по отношению к Российской Федерации и соответственно, в теории, могут быть запрещены к использованию. Это подчеркивает важность создания отечественных баз геоданных высокого разрешения, необходимых для исследований и находящихся в открытом доступе.

Наиболее активно в мировой литературе анализируется сравнение точности ЦМР ASTER и SRTM, которым посвящено огромное число работ. Например, Rajasekhar M. et al. [Data on comparative..., 2018] изучали возможность извлечения границ линейных элементов из ЦМР ASTER, SRTM и Cartosat для бассейна реки Джилледубандеру, округ Анантапур, Индия; Thomas J. and Prasannakumar V. [Thomas, Prasannakumar, 2015] исследовали морфометрию бассейна, полученная из топографических карт, ЦМР ASTER и SRTM: Кералы, Индия; Ivanov M. A. et al. [Ivanov, Yermolaev, Maltsev, 2016] проводили геоморфометрический анализ бассейнов рек Восточно-Европейской России по данным ЦМР SRTM и ASTER; Zhao S. et al. [Performance comparison among..., 2021] сравнивали точности типичных открытых глобальных наборов данных ЦМР в бассейне реки Фэньхэ в Китае.

В тоже время, в последние годы, в связи с появлением большого количества новых открытых наборов данных, все больше исследователей используют ЦМР Copernicus и проводят сравнение различных наборов данных [Karlsou, Bastviken, Reese, 2021; Garrote, 2022]. A. Q. Mutar et al. [The impact of..., 2021, С. 1119] на примере бассейнов рек, впадающих в Мосульское водохранилище (Ирак) показывают что ЦМР Copernicus точнее чем модели SRTM и ASTER. В тоже время в некоторых работах [Kramm, Hoffmeister, 2021] подчеркивается, что данные ЦМР Copernicus могут показывать неоднозначные результаты. Существует большое количество работ [Ерицян, 2013; Карионов, 2010; Трофимов, Филиппова, 2014], в которых описывается точность набора данных SRTM. В тоже время, многие авторы [Ерицян, 2013, С. 39; Карионов, 2010, С. 50] подчеркивают, что точность картографического материала, полученного с использованием наборов данных SRTM равносильна или близка к точности топографической карты.

Для территории России существенной проблемой является учет и выделение водосборных бассейнов, площадь которых значительно меньше, чем площадь страны в целом или отдельных ее частей. Например, в работе О.П. Ермолаева с соавторами [Geographic Information System..., 2018], осуществлённой в 2018 году приводятся данные на геопортал рек Европейской России, однако в нем отсутствуют данные о бассейнах рек Калининградской области и Крымского полуострова. В диссертационной работе В.Ю. Григорьева [Григорьев, 2018; Grigoryev, Frolova, Dzhamalov, 2018], выполненной для речных бассейнов Европейской части России, также не учитывается территория Калининградской области, Республики Крым и города Севастополь. Наиболее остро это проявляется когда при комплексном изучении территории страны

игнорируются некоторые ее регионы обособленные в силу своего физико-географического или экономико-географического положения (острова Северного Ледовитого океана, остров Сахалин, Крымский полуостров, Калининградская область и др.).

Существует несколько глобальных наборов данных, содержащих информацию о бассейнах рек в глобальном масштабе [Lehner, Grill, 2013; Tang, Lettenmaier, 2012; A multidisciplinary framework..., 2019]. Например, набор данных HydroBASINS Version 1.0 содержит информацию о бассейнах и суббассейнах рек всего мира. Для Крымского полуострова этот набор данных не подходит ввиду большого количества ошибок, в особенности – неверного выделения границ водосборных бассейнов (например, слитые границы бассейнов рек ЮБК, необоснованное разбиение бассейнов наиболее крупных рек Крымского полуострова на логически необоснованные части и пр.) Большинство региональных моделей в Европе не включает территорию Крымского полуострова в исследовательскую область, что еще больше затрудняет анализ и сравнение водосборных бассейнов [Vanham, Bidoglio, 2014].

Среди работ по изучению водосборных бассейнов Крымского полуострова можно выделить три группы работ. Первую незначительную группу работ составляют исследования [Дунаева, Коваленко, 2013; Нарожняя, 2021] в которых рассматриваются бассейны рек Крымского полуострова в целом. Практически всегда, за исключением редких работ [Современные ландшафты..., 2009], которые представляют историческую ценность, выделение речных бассейнов производится в автоматическом режиме с использованием ГИС и ЦМР. Вторую группу составляют исследования, посвященные изучению групп речных бассейнов отдельных регионов Крымского полуострова – бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Табунщик, 2018], Керченского полуострова [Кривогуз, 2016], Присивашья [Timchenko, Tabunshchik, Zelentsova, 2020], северного макросклона Крымских гор [Тимченко, 2000]. Третью, самую многочисленную, группу работ составляют исследования водосборных бассейнов отдельных рек Крымского полуострова [Амеличев, Олиферов, Новикова, 2017; Каюкова, 2016; Ергина, Тимченко, 2016; Власова, 2011; Анализ факторов..., 2014]. Причем, в третьей группе наиболее изученными бассейнами рек выступают бассейны наиболее крупных водотоков и их главные притоки.

В тоже время выделения бассейнов рек мелких порядков или суббассейнов для большинства крупных рек ограничивается только главными притоками, в то время как водосборные бассейны притоков и их притоков практически не рассматриваются вообще, за исключением наиболее изученной и самой крупной реки Крымского полуострова – реки Салгир, а также еще небольшого ряда крымских рек.

Геологические и геоморфологические факторы развития речных бассейнов. Геологические процессы, геоморфологические процессы и рельеф оказывают большое влияние

на развитие территории речных бассейнов и являются во многих случаях определяющими для развития антропогенной деятельности, ведь именно геоморфологические и геологические ограничения оказывают лимитирующее воздействие на развитие населенных пунктов, использование сельскохозяйственных земель и развитие прочих родов деятельности человека.

Уже в первых работах по выделению ландшафтов подчеркивалась важность рельефа. Л.С. Берг уже в 1915 году [Берг, 1915, С. 471] указывает рельеф как один из факторов, формирующих ландшафт – «природный ландшафт есть область, в которой характер рельефа, климата, растительного и почвенного покрова сливается в единое гармоническое целое, типически повторяющееся на протяжении известной зоны земли». Н.А. Солнцев говорит, что географическим ландшафтом следует называть «генетически однородную территорию, на которой наблюдается закономерное и типическое повторение одних и тех же взаимосвязанных сочетаний: геологического строения, форм рельефа, поверхностных и подземных вод, микроклиматов, почвенных разностей, фито- и зооценозов» [Солнцев, 2001]. Г.Н. Анненская с соавторами в работе [Морфологическая структура..., 1962, С. 9] пишут, что «ландшафт – это генетически однородный природный территориальный комплекс, имеющий одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и состоящий из свойственного только данному ландшафту набора динамически сопряженных и закономерно повторяющихся в пространстве основных и второстепенных урочищ». Таким образом, большинство авторов, даже относящихся к различным научным школам ландшафтоведения, указывают, что на дифференциацию и функционирование ландшафтов оказывает влияние большое количество факторов, один из которых – рельеф, что является немаловажным при понимании бассейна реки как сложной системы [Табунщик, Келип, Андрончик, 2021].

Изучение рельефа является одной из важнейших задач при исследовании речных бассейнов. Одной из таких характеристик рельефа является абсолютная высота местности. Знание точных характеристик рельефа представляется крайне важным для понимания свойств речного бассейна в целом, закономерностей его развития, прогноза возможных изменений под воздействием природных факторов и деятельности человека. Именно рельеф и его характеристики (абсолютная высота, наклон поверхности, глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа и пр.) оказывают воздействие как на развитие природных, так и социально-экономических процессов. Наклон поверхности (крутизна склонов, уклон поверхности) – это экологический фактор, который также играет важную роль в распределении энергии и вещества в пределах речного бассейна – интенсивность эрозионных процессов, изменение микроклиматических характеристик воздушных масс и почвы, а также при хозяйственном освоении территории. Вопросы изучения морфометрических показателей рельефа, таких как густота и глубина расчленения интересуют учёных с давних пор. Глубина и густота расчленения

рельефа оказывают огромное влияние на развитие эрозионных форм рельефа, на развитие сельскохозяйственной деятельности, туризма и рекреации и пр.

На современном этапе представляется возможным значительно упростить расчёт показателей, характеризующих рельеф той или иной территории, используя последние достижения геоинформатики [Табунщик, Келип, Андрончик, 2021]. Теоретические аспекты изучения показателя глубины расчленения (вертикального расчленения) рельефа заложены в работах [Волков, 1950; Спиридонов, 1970; Пириев, 1983; Анисимов, 1999; Погорелов, Думит, 2009; Florinsky, 2016]. Практические аспекты расчетов показателя глубины расчленения рельефа мы находим в работах многих авторов. А.Н. Мунтян [Мунтян, 2015] исследовал горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа в пределах Приднестровья; М.М. Мехбалиев [Мехбалиев, 2015] – глубину расчленения рельефа Большого Кавказа в пределах Азербайджана; В.В. Братков с соавторами [Братков и др., 2011], З.В. Атаев и В.В. Братков [Атаев, Братков, 2012] – густоту эрозионного расчленения Северо-Восточного Кавказа; Д.В. Курлович [Курлович, 2013] – горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа Белоруссии; Г.А. Орехова и Л.Л. Новых [Орехова, Новых, 2017] – расчленение рельефа в пределах бассейнов рек Северский Донец и Ворскла; В.Ф. Лысова [Лысова, 2012] – расчленение рельефа в пределах бассейна реки Малой Визинги; Г.А. Халилов и С.Н. Абушова [Халилов, Абушова, 2014] – горизонтальное и вертикальное расчленение рельефа в пределах Приднестровья; Ю.О. Антипцева и Ж.А. Думит [Антипцева, Думит, 2009] – расчленение рельефа в пределах Лагонакского нагорья. Как подчеркивается в работах [Современные ландшафты..., 2009; Клюкин, 2007] территория Крымского полуострова имеет довольно сложное геологическое строение в пределах Керченского полуострова и горной части Крымского полуострова, и относительно простое в пределах равнинной части Крымского полуострова (без учета Керченского полуострова). Это в свою очередь накладывает значительный отпечаток на рельеф Крымского полуострова и формирует существенные черты его пространственного разнообразия. Геологические и геоморфологические особенности территории Крымского полуострова изучены довольно хорошо, хотя, в тоже время, стоит отметить, что наблюдаются значительные различия в количестве и качестве работ по изучению отдельных участков территории Крымского полуострова [Табунщик, Келип, Андрончик, 2021].

Однако, в большинстве случаев, рельеф того или иного региона Крымского полуострова описывается качественными характеристиками и при этом игнорируется большой пласт количественной информации о рельефе территории, который может быть проанализирован и установлены связи рельефа с существованием ландшафтов и экосистем.

Существенный вклад в изучение рельефа Крымского полуострова внесли работы А.А. Клюкина [Клюкин, 2007], Е.А. Позаченюк и Е.А. Петлюковой [Позаченюк, Петлюкова, 2016],

С.В. Токарева и К.Н. Рощиной [Токарев, Рощина, 2015], Н.С. Сахновой и Д.В. Войтеховского [Сахнова, Войтеховский, 2014] и др. В тоже время описанию и изучению морфометрических характеристик рельефа Крымского полуострова посвящено незначительное количество работ. На территории Крымского полуострова некоторыми исследователями были проведены исследования по картированию глубины и густоты расчленения рельефа для отдельных частей Крымского полуострова – Тарханкутского полуострова [Михайлов, 2015], центрального предгорья Главной гряды Крымских гор [Позаченюк, Петлюкова, 2017], юго-восточной части Крымского полуострова [Клюкин, 2007]. Причём в работе [Клюкин, 2007] расчёты производились вручную, а в работах [Михайлов, 2015; Позаченюк, Петлюкова, 2017] – с помощью геоинформационных систем [Табунщик, 2020].

Дополнительно стоит отметить, что в особенно в последние годы изучение рельефа базируется на использовании геоинформационных методов исследования, которые показывают высокую точность и могут считаться репрезентативны. Материалами для исследования при этом выступают данные радарной съемки Земли, в особенности цифровые модели рельефа – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), ASTER Global Digital Elevation Map, ALOS World 3D и др.), а инструментом реализации географические информационные системы – ГИС (ArcGIS, QGIS, SAGA и др.) [Табунщик, 2020].

Изучение рельефа, геологических и геоморфологических процессов в бассейнах рек имеет огромное значение для понимания процессов управления и планирования окружающей средой, разработки устойчивых стратегий использования природных ресурсов, а также прогнозирования и минимизации стихийных бедствий.

Климатические изменений в бассейнах рек. Речной бассейн как открытая система довольно сильно реагирует на климатические изменения. Это в первую очередь связано с круговоротом воды, в особенности чередованием многоводных и маловодных годов, в пределах речного бассейна и влияет на все компоненты природы и хозяйства в речном бассейне. В последнее время, с ростом климатических изменений и сокращением устойчивости, резкими межсезонными и меж годовыми контрастами на речные бассейны оказывается большое воздействие. К тому же в последние годы к проблемам изменения климата в речных бассейнах, добавилась проблема загрязнения и нехватки пресных вод. Прогнозы показывают [Climate change and..., 2008], что в практически в каждом густонаселенном речном бассейне мира в ближайшем будущем произойдут изменения в речном стоке, и люди, приживающиеся в их пределах, столкнутся с нехваткой воды. Westmacott and Burn [Westmacott, Burn, 1997] отмечают, что исследование тенденций и изменчивости гидрологических параметров речных бассейнов помогает прогнозировать и планировать водные ресурсы речного бассейна. Климатические изменения в бассейнах рек влияют на скорость развития эрозионных процессов [Ecosystem

services in..., 2013]. На реках, где построены плотины и созданы водохранилища климатически изменения приводят к усыханию рек. Это в том числе характерно и для рек Крымского полуострова и рек северо-западного склона Крымских гор [Тимченко, 2012]. Огромное влияние изменение климата оказывает на развитие сельскохозяйственного производства [Climate change impacts..., 2013] и экономику [Eхрósito et al., 2020].

Исследования изменения климата и его воздействия на ландшафты и экосистемы в пределах речных бассейнов имеют широкую географию и представлены практически во всех странах мира, однако здесь нужно отметить тот факт, что наибольшее количество исследовательских работ на эту тему представлено для богатых и развивающихся стран севера. Cohen et al. [Climate Change and..., 2000] изучали влияние изменения климата в бассейне реки Колумбия (США); Westmacott and Burn [Westmacott, Burn, 1997] – в бассейнах рек Черчилл и Нельсон (Канада); Gohari et al. [Climate change impacts..., 2013] – в бассейне реки Заянде-Руд (Иран); Zhang et al. [Zhang, Ramasamy, Hao, 2007] в бассейне реки Луохе (Китай); Huntjens et al. [Huntjens, Pahl-Wostl, Grin, 2010] – в бассейнах рек Европы; Gosain et al. [Gosain, Rao, Basuray, 2006] – в бассейнах рек Индии; Engle and Lemos [Engle, Lemos, 2010] – в бассейнах рек Бразилии.

В большинстве случаев оценка изменения климатических изменённых в пределах речного бассейна анализируется с использованием различных наборов пространственных данных – данных о полевых наблюдениях в пределах бассейна реки, данных метеостанций, которые расположены в пределах бассейна реки, данных баз реанализа, содержащих большой набор информации о различных метеорологических параметрах в пределах бассейна рек за довольно длительные промежутки времени.

Влияние изменения климата также находит отражение на политике, которая проводится в различных странах – в России [Земцов, 2001; Харитонов, 2014], в странах Европейского союза [Integration of research..., 2012], в США [Wengert, 1985; Gilman, Abell, Williams, 2004], в Китае [Managing water resources..., 2010; Implementing integrated river..., 2010] и др. Существенной проблемой также выступают изменение климата в пределах трансграничных речных бассейнов [Climate change and..., 2012; Межова и др., 2018; Причины геоэкологических конфликтов..., 2018].

В пределах Крымского полуострова хотя и исследуется изменение климата в пределах различных операционно-территориальных единиц, изучению изменения климата в пределах речных бассейнов практически не уделяется никакого внимания.

Таким образом, важность изучения изменения климата в пределах речного бассейна является важным аспектом изучения современного состояния речного бассейна и позволяет провести моделирование будущих изменений климата.

Антропогенная преобразованность в бассейнах рек. В связи с развитием хозяйственной деятельности человека происходит активный и постоянно возрастающий процесс увеличения

воздействия на территорию, ландшафты и экосистемы, что приводит к активному процессу антропогенного преобразования пространства [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2022].

Вопросами преобразования (изменения) территории в результате хозяйственной деятельности активно занимаются с XX века. В России эти вопросы исследуются как на региональном, так и на локальном уровнях. Так на региональном уровне, например, исследуется преобразованность территориальная дифференциация преобразованности территории Республики Тыва [Биче-Оол, 2021], геосистем Республики Татарстан [Антропогенная преобразованность геосистем..., 2009], ландшафтов Западной Якутии [Николаева, 2014] и др. На локальном уровне, М.В. Нефедова и А.С. Куленко [Нефедова, Куленко, 2021] анализируют антропогенную преобразованности ландшафтов Андроповского района Ставропольского края, Е.А. Скрипчинская с соавторами [Скрипчинская, Водопьянова, Нефедова, 2021] – Красногвардейского района Ставропольского края, Д.С. Водопьянова с соавторами [Антропогенная преобразованность и..., 2018] – Апанасенковского района Ставропольского края, М.В. Сметанова с соавторами [Эколого-хозяйственный баланс..., 2018] – Старошайговского района Республики Мордовия, И.В. Рябовол и А.А. Мищенко [Рябовол, А. А. Мищенко, 2020] – Гулькевичского района Краснодарского края, К.А. Дулова [Дулова, 2019] – Соль-Илецкого городского округа и др. Таким образом можно говорить, что тема чрезвычайно актуальна в виду нарастания внешнего воздействия на окружающую среду с разной силой в различных регионах. Для территории Крымского полуострова вопросы антропогенной преобразованности ландшафтов и отдельных территорий активно исследуются начиная со второй половины XX века. В этот период авторы указывали на тот факт, что природа Крыма активно подвергается хозяйственному воздействию и проводили в основном качественный анализ этих воздействий [Гришанков, 1974; Ена, Ена, 1971]. Однако наиболее активный период интенсивного исследования начался с конца 90-х годов XX века. Н.А. Драган и Ф.Х.С. Альшевби [Драган, Альшевби, 1998] исследовали преобразованность земель в Равнинном Крыму, и указывают что в Равнинном Крыму наибольшую площадь занимают очень сильно преобразованные (41 %), сильно преобразованные (40 %) и средне преобразованные (15 %) ландшафты. Е.А. Позаченюк в работе [Позаченюк, 2003] отмечает, что на территории Крымского полуострова «естественные слабо преобразованные ландшафты занимают всего 2,5% территории». В.А. Табунщик [Табунщик, 2016] исследовал антропогенную преобразованность ландшафтов в пределах Джанкойского района Республики Крым; Е.А. Позаченюк и Е.А. Петлюкова [Позаченюк, Петлюкова, 2015] – Центрального предгорья Главной гряды Крымских гор; Ергина Е.И. и А.Ю. Шадрина [Ергина, А. Ю. Шадрина, 2016] – Керченского полуострова; И.В. Алексахин с соавторами [Алексахин, Горбунов, Завалишина, 2009] – ландшафтов окрестностей с. Трудолюбовка Бахчисарайского района Республики Крым и др. Здесь стоит отметить, что общая

тенденция к изучению преобразованности территории и ландшафтов Крымского полуострова сводится к тому, что в большинстве случаев изучение преобразованности территории проводится в Равнинном Крыму и Керченском полуострове [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2022].

Имеется большое количество теоретических работ, в которых приводятся различные подходы к оценке антропогенной преобразованности (измененности) территории [Шищенко, 1988; Кочуров, 1999; Рулев, 2007 и др.]. Сравнению различных количественных формул оценки антропогенной преобразованности частично посвящены работы [Занозин и др., 2019а; Занозин и др., 2019б; Чибилев, Григорьевский, Мелешкин, 2019].

В ряде работ [Занозин и др., 2019б; Кочуров, 1999] отмечается, что исследование преобразованности территории проводится в разрезе административно-территориальных единиц в связи с необходимостью получения информации о состоянии территории для решения задач управления и развития народно-хозяйственного комплекса, а также более легкими способами обработки получаемых статистических данных и их практическим применением. Существенным недостатком этого подхода и большинства выше приведенных работ в целом, является то, что анализ производится для территорий, выделяемых искусственно, в результате хозяйственной деятельности (например, районов, субъектов федерации и пр.), что в свою очередь нарушает и не учитывает природные факторы и условия внешней среды [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2022]. Это, как уже не раз подчеркивалось многими исследователями [Позаченюк, Табунщик, 2014; Дроздов, 2006; Герасимов, 2006; Ландшафтное планирование..., 2005], не учитывает ландшафтный подход к организации территории, в том числе его бассейновую структуру. Среди работ по изучению преобразованности территории бассейнов рек можно отметить работы [Оценка антропогенной преобразованности..., 2019; Савич-Шемят, Томина, Анцух, 2010; Волчек, Окоронко, 2021; Красноярова и др., 2017; Власова, 2017; Анализ факторов..., 2014].

Однако, здесь стоит сделать оговорку, на то, что в большинстве случаев бассейн реки рассматривается как единое целое, и в его пределах не выделяются суббассейны или бассейны более мелких порядков [Волчек, Окоронко, 2010]. В тоже время для речных бассейнов Крымского полуострова изучение природопользования и преобразованности носит крайне фрагментированный характер [Анализ факторов..., 2014; Timchenko, Tabunshchik, Zelentsova, 2020; Позаченюк, Тимченко, 2007; Позаченюк Тимченко, 2017]. Например, в работе [Анализ факторов..., 2014] для бассейна реки Салгир приводится анализ антропогенной преобразованности ландшафтов бассейна, которая сводится, по сути, к анализу изменения территории в пределах выбранных единиц – сетки квадратов, покрывающей территорию бассейна.

Таким образом, исследование антропогенной преобразованности в Крыму развивается в нескольких направлениях – изучение антропогенной преобразованности ландшафтов Крымского

полуострова, где в качестве операционно-территориальных единиц исследования выступают ландшафты [Табунщик, 2016; Ергина, Шадрина, 2016; Позаченюк, Петлюкова, 2015] или иногда единицы физико-географического деления [Калинчук, Михайлов, Позаченюк, 2016; Завальнюк, 2004] и изучение антропогенной преобразованности отдельных территорий Крымского полуострова [Анализ факторов формирования..., 2014; Меметова, 2015; Алексашкин, Горбунов, Завалишина, 2009; Климова, Горбунов, 2018; Пенно, Михайлов, 2016; Пенно, Панченко, 2014; Ошкадер, Степанова 2016 и др.], где операционно-территориальной единицей выступают либо территория исследуемого района в целом либо отдельные участки территории исследуемого района, который может подразделяться на квадраты или шестиугольники различной площади) [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2022].

Динамика типов наземного покрова в бассейнах рек. Дистанционные методы исследования в последние годы стали все активнее применяться в различных отраслях человеческой деятельности – сельском хозяйстве, ландшафтном планировании, географических исследованиях. В иностранной литературе в большей степени, и в отечественной в меньшей, в последние годы большое внимание уделяется использованию моделей и наборов геоданных land use / land cover [Зарубин, 2016; Spatio-temporal Patterns..., 2019; Copernicus Global Land..., 2020; Conterminous United States..., 2020; Finer resolution observation..., 2013; Development of 2010..., 2015; The causes of..., 2001; Dynamics of land-use..., 2003; Response of net..., 2018; Effects of land..., 2019]. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН указывает, что наземный покров представляет собой наблюдаемый (био)физический покров на поверхности земли. Использование наборов геоданных обладает существенным преимуществом по сравнению с традиционными методами, так как позволяют по новому взглянуть на объект исследования расширить его до масштабов, которые не поддаются кратковременному полевому исследованию или требуют привлечения огромного количества исследователей для сбора материала который может быть получен единовременно с комического аппарата. Lambin E. F. с соавторами отмечают [The causes of..., 2001], что изменения на земной поверхности и в растительном покрове настолько повсеместны, что в глобальном масштабе они существенно влияют на ключевые аспекты функционирования экосистемы Земли в целом [Табунщик, Горбунов, 2022].

Изучение и характеристика типов наземного покрова (land cover) строится на использовании мультиспектральных космических снимков (Landsat, Sentinel, MODIS и др.), которые позволяют выделить различные типы наземного покрова. Существует довольно большое разнообразие наборов данных с типами наземного покрова – от глобальных до региональных. Главным достоинством моделей наземного покрова (land cover) состоит в том, что они создаются чаще всего на определенный год и с использованием разновременных космических снимков, что позволяет отслеживать динамику основных типов наземного покрова

в пределах рассматриваемой территории [Global Land Cover..., 2014; Grekousis, Mountrakis, Kavouras, 2015]. В последние годы появляется большое количество работ по оценке изменения наземного покрова в различных частях мира – Abdullah A. Y. M. et al. [Abdullah et al., 2003] оценили изменение наземного покрова в Бангладеше, Collin H. et al. [Conterminous United States..., 2020] – в США, Kabir Uddin et al. [Development of 2010..., 2015] – в Непале, Li J. et al. [Response of net..., 2018] – в Китае, Iqbal M.F. и Khan I.A. [Iqbal, Khan, 2014] – в Пакистане, Baig M.F. et al. [Assessment of Land..., 2022] – в Малайзии, El Gammal, E.A. et al. [El Gammal, Salem, El Gammal, 2010] – в Египте, Regasa M. S. et al. [Regasa, Nones, Adeba, 2021] – в Эфиопии. Так же, в последние годы наметилась тенденция к исследованию изменения типов наземного покрова (land cover) в бассейнах рек. Например, Rimal B. et al. [Effects of land..., 2019] рассмотрели изменение типов растительного покрова в бассейне реки Коси (приток Ганга) в Непале; Koneti S. et al. [Koneti, Sunkara, Roy, 2018] – в бассейне реки Годавари (Индия); Silva L. P. et al. [Modeling land cover..., 2020] – в бассейне реки Тапероа в Бразилии; Awotwi A. et al. [Water balance responses..., 2019] – в бассейне реки Пра (Гана); Lee E. et al. [Land cover change..., 2018] – в бассейне реки Парана в Южной Америке; Twine T. E. et al. [Twine, Kucharik, Foley, 2004] – в бассейне реки Миссисипи (США).

Вызывает недоумение тот факт, что в России, слабо разработана собственная современная система выделения типов наземного покрова на основании ДЗЗ, хотя Россия имеет собственные космически спутники и получает различную космическую информацию. Имеются работы по теоретическим проблемам исследования типов наземного покрова [Copernicus Global Land..., 2020; Global Land Cover..., 2014 и др.]. Стоит отметить работы [A new hybrid..., 2011; The LUC Approach..., 1995], в которых приводится покрытие для территории России, и большое количество работ регионального масштаба [Land use and..., 2011; Milanova, 2012; Cumulative effects of..., 2010], выполненные для отдельных территорий России, которые, стоит сказать, не учитывают территорию Крымского полуострова [Табунщик, Горбунов, 2022].

Загрязнение атмосферы в бассейнах рек. Загрязнение атмосферного воздуха является чрезвычайно актуальной проблемой [Acid rain and..., 2020; Jonson et al., 2020; Rohde, Muller, 2015], так как влияет на здоровье человека [Air pollution and..., 2020; Tainio et al., 2021; Landrigan, 2017] и окружающую природную среду [Taylor, Johnson, Andersen, 1994; Appannagari, 2017; Vadrevu, Ohara, Justice, 2017] как на локальном, так и на региональном и глобальном уровне. Среди основных причин загрязнения воздуха в мире можно отметить выбросы автомобильного и авиационного транспорта [The transport sector..., 2001; Impact of Emissions..., 2009], выбросы промышленных предприятий [Du, Li, 2021; , Tur et al., 2020], выбросы в результате добычи полезных ископаемых [Environmental management in..., 2003; Patra, Gautam, Kumar, 2016], сжигание большого количества ископаемого топлива [Ito, Penner, 2005; Biofuel burning and...,

2020], сопутствующие выбросы в результате сельскохозяйственной деятельности [Impact assessment of..., 2021; Kastratović, 2019].

В мире существуют различные методы и подходы к исследованию проблемы загрязнения атмосферного воздуха. Ведущими подходами к анализу загрязнения атмосферного воздуха является использование систем мониторинга, таких как наземные датчики качества воздуха и спутниковые приборы. Эти системы могут предоставлять подробную информацию о концентрации различных загрязняющих веществ в атмосфере, а также об их источниках и закономерностях распределения. Однако их совместное использование имеет ряд ограничений, и связано в первую очередь с использованием систем наземного мониторинга, а именно, ограниченностью ряда пространственно-временных наблюдений.

В последние годы в связи с тесной интеграцией полевых и дистанционных методов исследования активно изучаются возможности компьютерных моделей поведения загрязняющих веществ в атмосфере [Dispersion modeling of..., 2014], последствия воздействия на здоровье человека и организмов различных загрязняющих веществ [Landrigan, 2017; Almetwally, Bin-Jumah, Allam, 2020], влияние различных природных [Quantifying the spatial..., 2019; Zhang, Chen, Yuan, 2020], социальных [Quantifying the spatial..., 2019; Social Inequalities in..., 2019] и экономических [Are Air Pollution..., 1967, Environmental pollution and..., 2021] факторов которые оказывают влияние на загрязнение атмосферного воздуха.

Для мониторинга за состоянием атмосферы в последние годы используют различные космические спутники [Application of MODIS..., 2005; Farrag, 2000; The United States'..., 2012]. Одним из наиболее современных и предоставляющий широкий охват пространственно-временных данных является миссия спутника Sentinel-5 Precursor [Quantifying daily NOx..., 2023]. Sentinel-5 Precursor – спутниковый аппарат, запущенный Европейским космическим агентством в октябре 2017 года в рамках программы наблюдения Земли «Copernicus». Целью миссии является проведение глобальных атмосферных измерений, связанных с качеством воздуха, изменением климата и мониторингом озонового слоя. Sentinel-5 Precursor оснащен прибором Tropomi (TROPOspheric Monitoring Instrument), который представляет собой ультрасовременный спектрометр для измерения концентрации целого ряда газов в атмосфере Земли, включая диоксид азота, диоксид серы, озон, монооксид углерода, метан, формальдегид и аэрозоли.

Теоретические основы использования и технические характеристики ESA/EU Copernicus Sentinel-5 Precursor satellite описываются в работах [Sulfur dioxide retrievals..., 2017; The TROPISIF global..., 2021; The operational cloud..., 2018; Ground-based validation of..., 2021; TROPOMI on the..., 2012]. С 2018 года – времени начала работы ESA/EU Copernicus Sentinel-5 Precursor satellite использование этих данных носит широкое применение. В работе [Virghileanu et al., 2020] Virghileanu et al. с использованием космических снимков Sentinel-5 Precursor

проводили Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak; Zheng et al. в работе [Spatial Variation of..., 2019] исследовали Spatial Variation of NO₂ and Its Impact Factors in China; Kaplan et al. [Kaplan, Avdan, Avdan, 2019] применяли космические снимки Sentinel-5 Precursor для изучения распространения поля диоксида углерода в Турции; Kaplan и Avdan [Kaplan, Avdan, 2020] исследовали распределение CO и NO₂ в Северной Македонии с использованием космических снимков Sentinel-5 Precursor; Schneider et al. [Spatiotemporal Patterns in..., 2021] изучали пространственно-временное распределение NO₂ над Норвегией. Magro et al. [Atmospheric Trends of..., 2021] анализировали Atmospheric Trends of CO and CH₄ from Extreme Wildfires in Portugal; Theys et al. [Global monitoring of..., 2019] – Global monitoring of volcanic SO₂ degassing; Safarianzengir et al. [Monitoring, analysis and..., 2020] проводили Monitoring, analysis and spatial and temporal zoning of air pollution (carbon monoxide) for health management in Iran, located in the Middle East; Mazlan et al. [COVID-19 Restriction Movement..., 2022] изучали связь между сокращением выбросов газов и карантинном связанном с пандемией COVID-19 в Малайзии; Alvarado et al. [Unexpected long-range..., 2020] выявили перенос загрязнителей во время лесных пожаров в Канаде в 2018 году по космическим снимкам. Таким образом можно говорить о том, что география исследований и сфера применения данных ESA/EU Copernicus Sentinel-5 Precursor satellite имеет широкий охват и постоянно увеличивается. Данные о содержании химических веществ в атмосфере полученные со ESA/EU Copernicus Sentinel-5 Precursor satellite покрывают большую территорию мира и позволяют анализировать данные, полученные дистанционно, которые никогда бы не были собраны в таком количестве в результате наземных полевых экспедиций. В тоже время, нужно говорить, что существуют регионы, где отсутствует или крайне слабо развита сеть мониторинговых наблюдений за состоянием атмосферы и содержанием в атмосфере различных примесей и газов. И именно данные ESA/EU Copernicus Sentinel-5 Precursor могут помочь решить эту проблему [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2023].

Одним из таких регионов является Крымский полуостров. В целом, для территории площадью около 26 000 кв. км, здесь представлена крайне слабо развитая сеть точек наблюдения за источниками загрязнения атмосферы. В большинстве случаев в Крыму исследование загрязнения атмосферы носят эпизодический характер, часто выполняются по несовместимым различным методикам, что существенно снижает сопоставимость данных. Для Крымского полуострова имеются отдельные работы по изучению загрязнения атмосферы. Часто загрязнение исследуется в разрезе административно-территориальных единиц. Tabunshchuk et al [Tabunshchuk, Kalinchuk, Zhuk, 2020] изучали выбросы в атмосферу стационарными источниками загрязнения в Крыму в 2013-2018 гг. Имеются работы направленные на общие вопросы изучения загрязнения атмосферного воздуха над Крымским полуостровом [Мабиала, Гниздыло, 2020;

Малышев, Ясенева, 2016]. В тоже время большинство работ посвящено исследованию отдельных аспектов загрязнения и не охватывают целостно всю территорию полуострова [Assessment of the..., 2022; Varenik, 2022; Lapchenko, V.A., Zvyagintsev, 2011; Nekrich, 2022; Pollution Level, Partition..., 2022]. Исследуются содержание химических элементов в атмосферных осадках [Varenik, Filatova, Kleschenkov, 2017; Biogenic Elements of..., 2023]. Nekhoroshkov et al. [Assessment of the..., 2022] исследовали распределение тяжелых металлов и других элементов поступающих с атмосферы в Горном Крыму с использованием метода биомониторинга мха. Varenik [Varenik, 2022] анализировал загрязнение воздуха $PM_{2,5}$ и PM_{10} элементарным углеродом в Севастополе; Lapchenko and Zvyagintsev [Lapchenko, V.A., Zvyagintsev, 2011] изучали характеристики атмосферных газов в Карадагском природном заповеднике в Крыму; Zvyagintsev et al. [Air pollution over..., 2011] исследовали загрязнение воздуха над Крымским полуостровом в условиях жаркого лета 2010 г. Большое внимание уделяется анализу загрязнения в крупных населенных пунктах: Севастополе [Varenik, 2022; Повышение эффективности системы..., 2021], Симферополе [Бобра, Лычак, 2022; Бобра, Свербилова, 2022], Ялте [Pollution Level, Partition..., 2022; On the assessment..., 2020] и др. В тоже время как подчеркивается в работах [Медведева, С. В. Иванов, 2020; Бутырская, Ерокин, Ерокина, 2019; Состояние загрязнения атмосферного..., 2018] увеличение выбросов в атмосферу сказывается на здоровье населения в Крыму и увеличивает количество патологий органов дыхания. Что касается исследований загрязнения атмосферно воздуха в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная то таких работ еще меньше, в силу того что в основном в пределах рассматриваемых речных бассейнов основное внимание отводится изучению загрязнения речных вод [Long-Term Dynamics of..., 2019; Ovsyany, Orekhova, 2018; Иванкова, 2023; Рязанова, Никифоров, 2018] и морских вод [Varenik, A.V.; Konovalov, 2023; Малахова и др., 2022], куда реки выносят большое количество загрязнителей. Имеются только отдельные работы по изучению загрязнения воздуха в пределах рассматриваемых бассейнов рек. Например, Каширина с соавторами [Каширина и др., 2022] исследовала состояния приземного атмосферного воздуха в юго-западном Крыму по данным лишеноиндикации. Nekrich [Nekrich, 2022] приводит карту влияния степени сельскохозяйственной нагрузки на окружающую среду полуострова Крым в 2021 году и из нее можно сделать схожий вывод, что наибольшее воздействие на экосистемы бассейнов рек северо-западного склона Крымских оказывается в бассейне реки Западный Булганак, в нижнем и среднем течении рек Альма, Кача, Бельбек и Черная [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2023].

Загрязнение вод в бассейнах рек. Загрязнение водных объектов, которые являются основными источниками пресных вод, является одной из наиболее серьезных проблем во всем мире [Вострикова, Шкода, 2016; Chaudhry, Malik, 2017]. Для территории Крымского полуострова как отмечалось многими исследователями [Табунщик, 2020; Василенко, 2019] характерен

дефицит водных ресурсов. Особенно эта проблема актуализируется в маловодные годы. Поэтому водотоки Крымского полуострова являются ценнейшими источниками пресных вод и нуждаются в постоянной охране. Одной из главных причин загрязнения рек Крыма является антропогенное воздействие, связанное с человеческой деятельностью. Основными источниками загрязнения рек Крымского полуострова являются: недостаточная очистка сточных вод; промышленные выбросы и попадание загрязнителей в результате сельскохозяйственной деятельности; негативное воздействие туристической и рекреационной деятельности. В целом, необходимо принимать меры по охране рек Крыма, чтобы предотвратить дальнейшее загрязнение воды и сохранить ее чистоту.

В тоже время изучению загрязнения водотоков Крымского полуострова уделяется недостаточное внимание, хотя на территории полуострова имеется сеть точек мониторинга за состоянием водных объектов [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022]. Однако, эта сеть довольно слабо представлена и не охватывает все водные объекты Крымского полуострова. Анализ публикаций, выполненный нами, показывает крайнюю пространственно-временную неоднородность изучения загрязнения и проведения мониторинга за состоянием водотоков Крымского полуострова.

Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор мониторинг загрязнения поверхностных вод осуществляется различными организациями. В частности исследование и анализ проб выполняются Государственным автономным учреждением Республики Крым «Центр лабораторного анализа и технических измерений» (ГАУ РК «ЦЛАТИ»), Федеральным государственным бюджетным учреждением «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Крымское УГМС»), Государственным бюджетным учреждением «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция» (ГБУ РК «Крымская ГГМЭ»). В тоже время по данным [Схема комплексного ..., 2020] на территории Севастополя, несмотря на меньшую площадь, по сравнению с Республикой Крым, представлена более широкая сеть наблюдения за состоянием вод рек и водных объектов.

Проявление эрозии и потери почв в бассейнах рек. Так как большая часть территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор активно используется в хозяйственной деятельности, это послужило активному развитию и преобразованию природных комплексов в земли сельскохозяйственного использования, что в свою очередь привело к снижению плодородия, засолению почв и развитию эрозии. Земельные ресурсы изменяются под влиянием хозяйственного освоения. Одни участки получают переизбыток влаги, другие подвергаются высыханию и разрушению. Неблагоприятное влияние оказывает использование пестицидов и агротехнических химических соединений, загрязняющих почву и водные ресурсы. Одновременно с этим на сельскохозяйственных землях под воздействием талых, дождевых или

ирригационных вод, постепенно происходит разрушение верхних, плодородных слоёв почвы. Такой процесс носит название водная эрозия. Больше всего водной эрозии подвержены территории склонов, а также почвы, на которых полностью отсутствует или растёт очень малое количество растительности. Дополнительным фактором, влияющим на возникновение водной эрозии, является деятельность человека (необдуманная сельскохозяйственная обработка земель, вырубка лесов и пр.) [Табунщик, 2021].

Территория Крымского полуострова активно подвержена процессу эрозии (табл. 1.4, 1.5).

Таблица 1.4 – Площадь агроландшафтов Крыма, подверженных эрозии, по [Табунщик, 2021]

Виды сельскохозяйственных угодий	Ветровая эрозия		Водная эрозия		Подверженные совместному воздействию	
	всего тыс. га	в % к виду угодий	всего тыс. га	в % к виду угодий	всего тыс. га	в % к виду угодий
Пашня	823,2	66,0	96,0	7,6	31,8	2,5
Многолетние насаждения	46,8	37,4	10,8	8,6	0,3	0,2
Пастбища	247,2	62,2	92,5	23,3	15,8	4,0
Итого сельхоз. угодий	1117,2	63,1	199,3	11,3	47,9	2,7

Таблица 1.5 – Площади эрозионно-опасных земель (в тыс. га), по [Табунщик, 2021]

Природно-сельскохозяйственные район Крыма	Общая площадь земель	Дефляционно опасные	Подверженные совместному воздействию водной и ветровой эрозии	Подверженные водной эрозии
Черноморский	417,3	375,9	54,5	67,7
Красногвардейский	322,9	266,1	10,2	15,5
Сакский	193,2	162,7	26,7	24,6
Керченский	244,3	183,1	4,7	28,3
Джанкойский	427,0	317,0	4,6	4,7
Симферопольский	283,8	149,0	8,5	86,6
Южнобережный	41,3	-	-	17,0
Горный	48,2	-	-	25,4

Как отмечает Н.А. Драган [Драган, 2008], форма, крутизна и длина склонов, величина и форма водосборов прямо пропорционально влияют на интенсивность эрозии. Под влиянием водной эрозии ухудшаются физические свойства (разрушается почвенная структура, уплотняется

пахотный слой) уменьшается или даже полностью уничтожается гумусовый горизонт. В связи с этим снижаются запасы гумуса, азота, фосфора, калия и других питательных элементов (деградация химических свойств), почва теряет своё плодородие. Согласно [Ергина Е. И., Тронза, 2016], пахотные земли, подверженные различным видам эрозии, составляют более 70 % от общей площади всех сельскохозяйственных угодий. Наиболее широко эрозионные процессы представлены на угодьях Южнобережья (в районе Ялты – 100 %, Алушты – 53,7 %, Судака – 38,1 %) и на территории административных районов: Черноморского (45,1 %), Бахчисарайского (45,5 %), Белогорского (38,7 %), Симферопольского (30,9), Раздольненского (27,5 %), Первомайского (22,9), Сакского (21,8 %) [Табунщик, 2021].

В связи с высоким уровнем распаханности территорий в пределах 82% от общего числа, эрозии достигают больших масштабов. На Крымском полуострове особое геоморфологическое, литологическое, биоклиматическое влияние создало специфичную мозаику почвенного покрова. Но интенсивное развитие сельского хозяйства, приводит к значительному уровню трансформаций и разрушению почвенных свойств, в частности эрозийного типа [Ергина Е. И., Кошлатый, 2006]. Как видно из перечисленного выше анализа большинство данных про земельные ресурсы и развитие эрозии на территории Крымского полуострова получается путем обработки статистических материалов в разрезе административно-территориальных единиц, расположенных на территории Крымского полуострова [Табунщик, 2021]. Однако представляет интерес рассмотрение развития эрозии в пределах речных бассейнов, так как «бассейновые ... структуры формируются общностью пространственных отношений, обусловленных поверхностным стоком воды и водным режимом почв (гидрофункционированием)» [Максимова, Скупинова, 2003, С. 21].

Теоретические основы изучения эрозии заложены в работах Н.И. Маккавеева [Маккавеев, 1955], В.В. Звонкова [Звонков, 1963], В.Д. Кирюхина [Кирюхин, 1973], Н. Гудзон [Гудзон, 1974], Г.И. Швевса [Швевс, 1974, 1981], М.С. Кузнецова [Кузнецов, 1981; Кузнецов, Глазунов, 2004], М.Н. Заславского [Заславский, 1983], И.С. Константинова [Константинов, 1987], Г.В. Бастракова [Бастраков, 1993], Г.А. Ларионова [Ларионов, 1993], Л.Ф. Литвина [Литвин, 2002], О.П. Ермолаева [Ермолаев, 2002], В.Н. Голосова [Голосов, 2006], Е.Ф. Зориной [География овражной..., 2006], Ф.Н. Лисецкого с соавторами [Лисецкий и др., 2012] и других исследователей.

Очевидно, что главным фактором эрозийной опасности служит соотношение темпов почвообразования и смыва почвы. Эффективность будет только тогда, когда темп эрозии равен либо ниже заранее выверенного уровня интенсивности почвообразования. Длительное использование высокоэрозийных земель, возможно только при условии, что скорость почвообразования превышает скорость эрозийного процесса [Табунщик, 2021].

Конфликты природопользования в пределах речного бассейна. Слово «конфликт» имеет в русском языке несколько значений. В «Толковом словаре русского языка» С.И. Ожегова [Ожегов, Шведова, 2016, С. 292] приводится следующее определение конфликт – это «столкновение, серьёзное разногласие, спор».

Согласно [Райзберг и др., 1999], конфликт – это «противоречие во взглядах и в отношениях, столкновение расходящихся, противоположных интересов, острый спор».

В пятитомной «Философской энциклопедии» [Философская энциклопедия, 1964, С. 55] говорится что конфликт – это «предельный случай обострения противоречия».

В четырехтомном «Словаре русского языка» под редакцией А.П. Евгеньева [Евгеньева, 1999, С. 96] приводится два определения, характеризующие слово «конфликт» в различных оттенках значения: конфликт – это «осложнение в международных отношениях и конфликт – это «столкновение противоположных сторон, мнений, сил; серьёзное разногласие, острый спор».

В «Большом толковом словаре русского языка» под редакцией С.А. Кузнецова [Кузнецов, 1998, С. 453] приводится три значения: конфликт – это «осложнение в международных отношениях»; конфликт – это «противоречие, противоборство между изображёнными в художественном произведении характерами, обстоятельствами, служащее основой развития, действия» и конфликт – это «столкновение противоположных сторон, мнений, сил; серьёзное разногласие, острый спор».

В «Толковом словаре русского языка» под редакцией Д.В. Дмитриева [Дмитриев, 2003, С. 489] приводится пять определений для слова «конфликт»: конфликт – это «ситуация, когда несколько человек или групп людей не могут согласиться или договориться по какому-либо вопросу» (в этом значении определение равносильно словам «ссора», «разногласие»); конфликт – это «вооружённое столкновение или серьёзное осложнение в отношениях между странами»; конфликт (внутренний) – это «столкновение интересов различных социальных групп населения, представителей различных народов и т. п. на территории одной страны»; конфликт (в литературном произведении) – это «борьба характеров и обстоятельств, которая движет сюжет» и конфликт – это «если вы идёте на конфликт с кем-либо, значит, вы вступаете с ним в спор, ссоритесь с ним».

Такими образом получается, что основой развития конфликта является противоречие, противостояние, противоположность. Естественно, что конфликт может возникнуть только тогда, когда необходимо осуществить дальнейший выбор при движении вперед. Что означает понятие «конфликта» в географических исследованиях? Как оно вводится? Опираясь на тот факт, что географические исследования в первую очередь связаны с пространственными исследованиями, по понятие конфликта связано напрямую с дальнейшим развитием и существованием (возможностью или не возможностью существования) объекта исследования в

пространстве внешних факторов из-за возникающих противоречий. Если не брать во внимание факты динамики природных катастроф, то очевидно, что большинство примеров возникновения и развития конфликтов и дальнейшая судьба той или иной территории или пространства связано непосредственно с человеческой деятельностью. Однако стоит отметить тот факт, что некоторые авторы [Гродзинський, Свідзінська, 2008, С. 66-69] показывают возможность конкурентного занятия одними природными комплексами, пространства и территории других природных комплексов. Вышеприведенный анализ значений слова «конфликт» показывает, что сфера его использования может быть самой различной, так как противоположные мнения, противоречия, споры присущи во всех сферах человеческой деятельности. Если говорить о деятельности человеческого общества и человека, то по отношению к природе она выражается в природопользовании. Естественно, что природопользование направлено на вовлечение в жизнедеятельность общества различных благ окружающей человека природной среды. При этом само понятие «природопользование» имеет несколько определений (таблица 1.6). Природопользование относится к кругу таких вопросов, вокруг которого остро возникают конфликтные мнения, споры и столкновения различных сторон, отстаивающих свои точки зрения и интересы. Понятие о «конфликте природопользования» незыблемо вошло в научный обиход и активно применяется при ландшафтном и территориальном планировании, изучении региональных экосистем и ландшафтов. В работах многих авторов понятие «конфликта природопользования» рассматривается с различными, в том числе и личностными интерпретациями. Существует большой объем работ направленных на картирование конфликтов природопользования [Бармин, Шуваев, Колчин, 2011; Вавер, 2012; Карпенко, Лагодина, 2005; Красовская и др., 2003; Соцкова, Позаченюк, Смирнов, 2013; Конфликты в сфере..., 2011], однако отсутствуют работы по количественной оценке проявления конфликтов природопользования. Большинство авторов только приводят или описание первопричин конфликтов, которое иногда ограничивается констатацией факта, что конфликт возникает из-за борьбы за природные ресурсы, или описывает его последствия (уничтожение компонентов окружающей природной среды, военные столкновения и захват ресурсов), в то время как первопричины возникновения конфликта с естественнонаучной точки зрения практически не описываются [Табунщик, Горбунов, 2023].

Л.А. Межова с соавторами [Межова и др., 2018, С. 34] отмечают, что часто понятия «конфликт природопользования», «хозяйственный конфликт» и «экологический конфликт» выступают как синонимы и указывают, что [Межова и др., 2018, С. 33] «под конфликтом в природопользовании понимается ситуация, обусловленная деятельностью человека, которая приводит к нарушению нормативно установленного состояния окружающей среды, причиняет ущерб отраслям регионального природопользования».

Таблица 1.6 – Различные варианты толкования термина «природопользование»

Источник	Определение: «Природопользование – это ...»
Природопользование: Словарь-справочник [Реймерс, 1990, С. 404-405]	<p>«1. Совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его охране;</p> <p>2. Совокупность производительных сил, производственных отношений и соответствующих организационно-экономических форм, и учреждений, связанных с первичным присвоением, использованием и воспроизводством человеком объектов окружающей его природной среды для удовлетворения его потребностей;</p> <p>3. Использование природных ресурсов в процессе общественного производства для целей удовлетворения материальных и культурных потребностей общества;</p> <p>4. Совокупность воздействий человечества на географическую оболочку Земли;</p> <p>5. Комплексная научная дисциплина, исследующая общие принципы рационального использования природных ресурсов человеческим обществом».</p>
Экология и охрана природы [Снакин, 2000, С. 230]	«удовлетворение потребностей общества путем использования различных видов природных ресурсов и природных условий, имеющее ограничения экологического, экономического, социального и этического характера»
Природопользование. Толковый словарь [Трофимова, 2002, С. 114]	<p>«1. Совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению.</p> <p>2. Использование природных ресурсов в процессе общественного производства для целей удовлетворения материальных и культурных потребностей общества.</p> <p>3. Совокупность воздействий человечества на географическую оболочку Земли.</p> <p>4. Комплексная научная дисциплина, исследующая общие принципы рационального (для данного исторического момента) использования природных ресурсов человеческим обществом».</p>
Основы природопользования [Минхайдаров, 2019, С. 5]	«деятельность человека по изучению, разведке, извлечению, оценке, первичной переработке (обогащению) природных ресурсов в форме сырья с целью их прямого потребления или обеспечения ими производственной сферы, осуществляемая с учетом основных эколого-экономических, социальных и природоохранных критериев и ограничений, официально принятых обществом».

Н.С. Шуваев с соавторами [Шуваев, Вязникова, Минеев, 2018, С. 220] говорит, что конфликт природопользования – это «противоречие территориальных приоритетов охраны природы и хозяйственного развития в рамках определенного режима природопользования, выражающееся в реальной или потенциальной деградации природных комплексов или их основных компонентов, снижении разнообразия, продуктивности и ценности ландшафтов, а также общей эффективности реализации хозяйственных функций территории». Т.А. Артемьева с соавторами [Артемьева, Ефимова, Сытина, 2016, С. 3] считают, что конфликт природопользования – это «столкновение между участниками, которые состоят в конфликте на почве разногласий в формах и объемах природопользования и получения доходов от него,

который происходит после инцидента конфликта природопользования». В зарубежной литературе близким понятием выступает «Environmental Conflict» [The decision support..., 1997; Lalander, Merimaa, 2018; Libiszewski, 1991], которое можно рассматривать как синоним понятия «конфликт природопользования». В зарубежной литературе изучению конфликтов природопользования также уделяется большое внимание. Глобальное осмысление этого негативных процессов при сосуществовании различных типов природопользования началось со второй половины XX века. Пионерными работами в этой области выступают исследования [Odum, 1969; Land-use conflicts with..., 1979; White, 1967; Marx, 1970]. На сегодняшний день исследование конфликтов в природопользовании, особенно между сохранением естественных экосистем и развитием наиболее негативно влияющих на природные экосистемы типов природопользования [Humphreys, 2005; Hagmann, Mulugeta, 2008] чрезвычайно актуально [Табунщик, Горбунов, 2023].

Еще одним близким понятием в иностранной литературе является «environmental management» [Sharing the floodplain..., 2010; Socio-Ecological Niche and..., 2019; Do environmental management..., 2019], которое направлено на решение конфликтов природопользования и их оценку. Однако, как отмечают ряд авторов [Bryant, Wilson, 1998], здесь также имеются большие разрывы между научными и политическими подходами к пути решения конфликтов между природой и обществом. Стоит также отметить, что зарубежные исследователи также постоянно ведут поиск способа количественной оценки конфликта между различными видами природопользования и также испытывают некоторые сложности. Предлагаются различные подходы для оценки конфликтов природопользования – модель графов [The decision support..., 1997], теоретическо-игровые модели [Hipel, Walker, 2011], математические модели [Multicriteria group decision-making..., 1997]. В тоже время в зарубежных исследованиях применение концепции экологической ниши характерно преимущественно для изучения живых организмов и влияния на них внешней окружающей природной среды [Manlick, Pauli, 2020; Melo-Merino, Reyes-Bonilla, Lira-Noriega, 2020]. Некоторые авторы в тоже время используют понятие «геоэкологический конфликт». А. И. Лычак и Т. В. Бобра [Лычак, Бобра, 2009, С. 68] указывают, что геоэкологический конфликт – «это определенный тип негативных экологических ситуаций, возникающих в результате присвоение одной и той же территории различных взаимоисключающих социально значимых функций». Возникает резонный вопрос о том, кто присваивает территории эти самые функции, которые она должна выполнять. А также вопрос о том – что представляет собой это взаимоисключение. Очевидно, что взаимоисключение функций использования той или иной территории предполагает разделение их экологических ниш, как в функциональном значении, так и в многомерном пространстве. Используя научную аргументацию развитие той или иной территории должно строиться с учетом ландшафтного и

территориального планирования. Стоит оговориться о том, что в трехмерном географическом пространстве (широта-долгота-высота) формирование геоэкологического конфликта связано с зонами контакта территорий с различным использованием и как отмечается в [Лычак, Бобра, 2009, С. 68] в результате «формируется переходная зона или зона влияния одной территориальной системы на другую, что приводит к нарушению режима функционирования территориальных комплексов и формированию антропогенных экотонов», однако для выявления причин возникновения геоэкологических конфликтов этого может быть недостаточно и необходимо учитывать многомерность пространства и его характеристики [Табунщик, Горбунов, 2023].

Как видно из вышеперечисленных определений в большинстве случаев словосочетание «конфликт природопользования» ассоциируется с наличием нескольких противоположных мнений по вопросу использования той или иной территории или акватории и пространства в целом и возникающими спорами, и разногласиями об их будущности. В тоже время нужно понимать, что конфликт природопользования возникает там, где на одну и ту же территорию, претендуют несколько природопользователей и в перспективе на ней может развиваться один из видов природопользования, которые на нее претендуют [Табунщик, Горбунов, 2023].

А.Н. Бармин [Бармин, Шуваев, Колчин, 2011, С. 121] с соавторами говорят о том, что конфликт между природопользователями – это «столкновение двух или более потребителей, заинтересованных в обладании или пользовании каким-либо природным ресурсом», а Шуваев Н.С. с соавторами справедливо отмечают [Конфликты природопользования..., 2018, С. 447], что необходимо говорить о конфликте «природопользователь – окружающая среда». И очевидно, что под окружающей средой или внешней средой в данном случае мы можем понимать другого природопользователя со специфичным набором присущих ему видов деятельности и часть внешней природной среды, еще не вовлеченной в природопользование, и условно рассматриваемую как естественную среду.

В работе [Позаченюк, Ващенко, 2003, С. 177] Е.А. Позаченюк и Н.И. Ващенко отмечают, что «современное природопользование все в большей степени представляет собой некую дезинтегрированную систему, в которой интересы многих землепользователей *пересекаются* (курсив – Т.В.А.)». О. И. Шокина и И. Л. Марголина [Шокина, Марголина, 2007, С. 83] указывают, что природа конфликтов заложена в конфликтности сервисных функций экосистем (сырьевая, рекреационная, климатообразующая, водоохранная, эстетическая и пр.), которые могут эксплуатироваться одновременно несколькими видами природопользования. То есть получается, что за одну и ту же территорию идет борьба – за саму территорию и за ее функциональное использование. А это в свою очередь, как уже отмечалось выше, приводит к конфликтам природопользования. Ведь большинство территорий полифункциональны – то есть

используются по нескольким назначениям. А если между каждым назначением или функцией, которую может исполнять территория возникает противоречие или конфликт – следует говорить о перекрытии экологических ниш объектов, претендующих на использование этой территории. В связи с этим возникает вопрос о полифункциональном или монофункциональном использовании речного бассейна или бассейнов более мелких порядков. Очевидно, что в статике мы можем говорить о монофункциональном использовании речного бассейна, если он выполняет одну функцию или полифункциональном использовании – при выполнении нескольких функций, а в динамике – только о полифункциональном использовании, в виду подверженности изменениям территории самого бассейна и постоянном нарастании всевозможных видов использования территории в силу ограниченности территории как ресурса и комплексным проявлениям различных процессов использования территории. В тоже время, так как мы исследуем территорию, ограниченную физико-географическими рубежами, нужно понимать, что если ниша определённого вида природопользования шире, чем ниша ландшафта, в котором ландшафт существует, то ландшафт является потенциально уязвимым, так как его место может полностью занять определенный вид природопользования. В тоже время, в работе, мы анализируем именно конкуренцию за одну и ту же территорию между различными видами природопользования, которые претендуют на использование территории, а в дальнейшем и на конкуренцию с естественными и современными ландшафтами [Табунщик, Горбунов, 2023].

Очевидно, что конфликт или борьба идут не только за территории в пределах части трехмерного географического пространства, но и во всех многомерных факторных пространствах, в которых также развиваются и одновременно существуют виды природопользования и которые во многом выступают лимитирующими факторами развития видов природопользования. В тоже время применение экологического подхода и рассмотрение в качестве объекта (хозяина) отдельных регионов и видов природопользования, а в качестве субъектов – факторов внешней среды, позволяет говорить о возможной количественной оценке конфликта с использованием концепции экологической ниши. Б.И. Кочуров [Кочуров, 2016, С. 38] говорит о том, что виды использования территории (пашня, застроенные земли и т. п.) представляют собой природно-антропогенные геосистемы – антропогенные ландшафты, которые, как и естественные ландшафты являются основными операционными единицами при экологической оценке и картографировании территории и таким образом к их изучению возможно применение экологического подхода [Табунщик, Горбунов, 2023].

Изучение конфликтов природопользования на территории Крымского полуострова активно ведется в силу значительной преобразованности его территории. Например, Л. М. Соцкова, И. В. Окара [Соцкова, Окара, 2016] изучали конфликты природопользования в пределах водосборного бассейна озера Джарылгач; Т.В. Панкеева с соавторами [Панкеева, Миронова,

Пархоменко, 2019, С. 97] указывают на конфликты между природоохранной ценностью и активным хозяйственным использованием бухты Круглая в Крыму; Л. М. Соцкова, Е. А. Позаченюк и В. О. Смирнов [Соцкова, Позаченюк, Смирнов, 2013] – конфликты природопользования в пределах водосборного бассейна Симферопольского и Чернореченского водохранилищ, а также Сакского озера; Е.А. Позаченюк и Н.И. Ващенко [Позаченюк, Ващенко, 2003] – ядра экологических конфликтов в бассейне реки Черная; Л.А. Ожегова с соавторами [Ожегова, Сикач, Сидорчук, 2018] – конфликты природопользования в пределах водосборного бассейна реки Салгир в черте города Симферополь. В тоже время изучение конфликтов природопользования в пределах территории Крымского полуострова часто сводится только к качественному описанию существующих экологических проблем. Однако важным является тот факт, что авторы рассматривают конфликты природопользования опираясь на бассейновый подход. Бассейновый подход также находит место в рассмотрении конфликтов в мировой практике. В [Межова и др., 2018; Причины геоэкологических конфликтов..., 2018] приводится характеристика международных конфликтов в трансграничных речных бассейнах. В [Соцкова и др., 2013, С. 288, 290] подчеркивается особая роль использования бассейновой организации территории при решении конфликтов природопользования и организации рациональной системы природопользования [Табунщик, Горбунов, 2023].

Расчет значений вегетационных индексов и оценки изменения растительного покрова. Изучение состояния растительного покрова имеет важный научный и прикладной аспект, так как это один из немногих компонентов ландшафта, который наиболее быстро реагирует на изменение внешних факторов среды. Изменение растительного покрова является одним из главнейших показателей реакции экосистемы на изменение факторов и условий внешней среды [Miles, 2012; Analysis and prediction..., 2020]. В последние годы, изменение растительности на планете носит глобальный характер [Changes in vegetation..., 2005; Mayeux, Johnson, Polley, 2021] и представляет существенную угрозу. В решении вопроса о резком сокращении растительного покрова мира заинтересованы все страны, что находит отражение в различных нормативных документах во всех странах мира [A critical analysis..., 2016; Ороку, 2019]. Различным аспектам исследования растительного покрова посвящено огромное количество работ: в лесном хозяйстве [Оценка состояния деревьев..., 2017; Медведева и др., 2010], геоботанике [Каменских, 2011; Никифоров, 2018], ландшафтном дизайне и ландшафтном планировании [Авдеев, 2017; Позаченюк и др., 2013], сельском хозяйстве [Табунщик, Петлюкова, Хитрин, 2018].

Огромное влияние на изменение растительного покрова оказывают климатические факторы [Potential impacts of..., 2015; Jiang et al., 2017; Verrall, Pickering, 2020; Assessment of climate..., 2019]; влияние эндогенных катастрофических процессов – землетрясений [Declining

geohazard activity..., 2020], извержений вулканов [Review of Local..., 2021]; пожары [The role of..., 2001]; развитие эрозии и вызванные этим потери плодородного слоя почвы [Impact assessment of..., 2021; Dynamics of wind..., 2019]; наводнения [Assessing the impact..., 2023]; неблагоприятные атмосферные процессы (ураганы, тайфуны и др.) [Hu et al., 2018]; болезни растений вызванные различными грибами, лишайниками, насекомыми и пр. [Recent loss of..., 2017; Romero-Alvarez, Escobar, 2017]; а также антропогенное воздействие связанное как с комплексными процессами, так и с целенаправленным сведением растительного покрова для различных хозяйственных целей [How Large-Scale Anthropogenic..., 2021; Anthropogenic Drivers of..., 2021; Wang, Zhang, Chen, 2022]. Особенно остро проблема вырубки растительности стоит в крупных государствах обладающих запасами древесины – Бразилии, Канаде, Китае, России и др. Изменение растительности оценивается по различным способами – с применением компьютерного моделирования и с использованием методов дистанционного зондирования [Yurova, Volodin, 2011; Hobbs, 1990; Impacts of climate..., 2022], через изменение соотношения типов наземного покрова [Landsat Analysis Ready..., 2020; Land Use and..., 2021; Spatio-temporal Patterns..., 2019], изменение характеристик вегетационных индексов [Monitoring Vegetation Change..., 2021; NDVI: Vegetation Change..., 2015; Waseem, Khayyam, 2019], при применении различных классификаций мультиспектральных космических снимков [Evaluation of Rapeseed..., 2020; Loss of Coastal..., 2022].

В тоже время использование данных дистанционного зондирования позволяет практически в режиме реального времени изучать изменение растительного покрова, в том числе и его качественные характеристики. В последние годы для оценки изменения растительности все чаще применяется анализ динамики значений вегетационного индекса NDVI [NDVI: Vegetation Change..., 2015; Seasonal Spatiotemporal Changes..., 2023; Temporal and Spatial..., 2023]. Это объясняется в первую очередь простотой расчета NDVI и большим накопленным объемом мультиспектральных космических снимках высокого разрешения, которые необходимы для расчета NDVI. Среди наборов космических снимков можно отметить – MODIS, Landsat, Sentinel и ряд других – которые имеют как ряд достоинств, так и ряд недостатков, однако активно применяются при изучении растительного покрова в различных регионах мира. Традиционно, практическое применение использования вегетационного индекса NDVI находит применение в сельском хозяйстве [Evaluation of MODIS..., 2023] для анализа состояния посевов и расчета норм проведения различных мелиорационных работ. Использование вегетационного индекса NDVI в последние годы активно применяется для оценки изменения растительности в Китае [Spatiotemporal Variation of NDVI..., 2022; Spatial Pattern and..., 2022; Global DEMs vary..., 2022; Analyzing vegetation dynamic..., 2018], Индии [Saikia, 2009; Study on the..., 2023], США [USA Crop..., 2021], России [41], Бангладеш [Spatio-temporal Patterns..., 2019], Аргентине [Temporal and

Spatial..., 2023], в Иране [Ghorbanian, Mohammadzadeh, Jamali, 2022], Пакистане [Waseem, Khaууam, 2019] и других странах.

Одним из аспектов изучения растительного покрова является анализ фотосинтетически активной фитомассы. Для этих целей широко применяются вегетационные индексы. Вегетационный индекс – «это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка» [Вегетационные индексы, 2018].

Существуют различные вегетационные индексы, однако для расчета многих из них, используют соотношение красного (RED) и инфракрасного (NIR) каналов спутниковых снимков. Некоторые из них представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Некоторые вегетационные индексы [Табунщик, Петлюкова, Хитрин, 2018]

Название на английском языке	Название на русском языке	Формула расчета
RVI – Ratio Vegetation Index [Jordan, 1969]	Относительный вегетационный индекс	$RVI = NIR/RED$
IPVI – Infrared Percentage Vegetation Index [Crippen, 1990]	Инфракрасный вегетационный индекс	$IPVI = NIR/(NIR+RED)$
DVI – Difference Vegetation Index [Richardson, Everitt, 1992]	Разностный вегетационный индекс	$DVI = NIR - RED$
SAVI – Soil adjusted vegetation index [Huete, 1988]	Вегетационный индекс с коррекцией по почве	$SAVI = (1 + 0.5) (NIR - RED)/(NIR + RED + 0.5)$

Однако, наиболее распространенным и часто используемым является нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). На данный момент в научном обороте, при простом анализе публикаций, выявлено несколько вариантов перевода вегетационного индекса NDVI на русский язык. Однако, наиболее правильным перевод это – нормализованный разностный вегетационный индекс. К тому же, следует отметить, в последнее время, особенно в разговорной научной речи, наблюдается тенденция называть рассматриваемый вегетационный индекс на латинизированный манер аббревиатурой NDVI без расшифровки перевода [Табунщик, 2018]. Вегетационный индекс NDVI – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова. Может принимать значения от -1 до $+1$ [Preprocessing transformations and..., 1969; Monitoring vegetation systems..., 1973; NDVI – теория..., 2018]. Для густой растительности значения NDVI составляют $0,7$; разреженной растительности – $0,5$; открытой почвы $0,025$; воды – $(-0,25)$; искусственных материалов – $(-0,5)$.

Отклонение от средних значений (нормы) NDVI активно используется для оценки изменения растительного покрова [Development of winter..., 2022]. Изменение значений вегетационного индекса NDVI в пределах изучаемой территории может свидетельствовать об угнетении или, наоборот, росте зеленой фитомассы, что является косвенным признаком изменения процессов функционирования геоэкосистемы.

Подтопление и затопление территории в пределах речного бассейна. Развитие населенных пунктов и хозяйственной деятельности в пределах территории речных бассейнов всегда сопровождалось рисками возникновения затопления и подтопления территории. Это крайне негативно сказывается на ведении хозяйственной деятельности, сохранении имущества, жизни и здоровья людей. В большинстве случаев затопление и подтопление территории вызывается сложным комплексом причин и факторов, как природного, так и антропогенного характера. При этом, антропогенные факторы оказывают в большей степени негативное воздействие на развитие процесс возникновения этих неблагоприятных явлений [Application of GIS-Interval..., 2017]. В тоже время Ouma и Tateishi [Ouma, Tateishi, 2014] подчеркивают, что риски возникновения не уменьшатся в будущем, и с влиянием изменения климата интенсивность и частота затопления будут угрожать многим регионам мира. Рост населенных пунктов и нарастающие процессы урбанизации в мире также оказывают негативное воздействие на риски развития затопления различных территорий [Shekar, Mathew, 2023]. Kourgialas и Karatzas [Kourgialas, Karatzas, 2011] отмечают большую роль в развитии подтопления территории и наводнений изменение типа использования земель и развитие сельского хозяйства.

Для решения задач моделирования затопления и подтопления территории в последние годы активно применяются методы геоинформатики и ГИС. Gigović et al. [Application of GIS-Interval..., 2017] указывают, что ГИС подходят для такого типа исследований, поскольку имеют мощный геостатистический бекграунд, который может эффективно управлять большими объемами пространственных данных, и многие исследования, связанные с рисками и моделированием, эффективно используют ГИС.

Преимуществом использования ГИС выступает то, что они позволяют учитывать различные факторы, влияющие на развитие риска развития процессов подтопления и затопления. Подверженность подтоплению активно исследуется многими авторами как в России [Куракина, В. С. Ковчик, 2020], так и за рубежом [Flood Susceptibility Mapping..., 2020]. В последние годы ГИС используется для моделирования наводнений, зон подтоплений и затоплений в различных странах и регионах мира – в Индии [Shekar, Mathew, 2023], в Таиланде [AHP-GIS analysis for..., 2020], во Вьетнаме [Using GIS..., 2013], в Китае [Cai, Fan, Yang, 2021]. В России изучением влияния наводнений и возникающего в результате их подтопления и затопления территории посвящено большое количество исследовательских работ [Тарарин, 2007; Бузин, Копалиани,

2007], однако в большинстве своем они посвящены крупным рекам – Амуру [Махинов и др., 2014], Абакан [Паромов и др., 2016], Обь [Голубева, Курепина, 2011] и др. Kittipongvises et al. [ANP-GIS analysis for..., 2020] указывают, что географически наибольшее увеличение риска будущих экстремальных гидрологических явлений характерно для Азии, Америки и Европы. Не является исключением и территория Крымского полуострова. На реках в пределах территории Крымского полуострова возможны возникновения разрушительных паводков [Тимченко, 2012; Люлько, Золотарева, 2023], селей [Олиферов, 2009]. Сторчоус и Васильчук [Сторчоус, Васильчук, 2017, С. 1291] отмечают, что в Республике Крым в зоне возможного подтопления находится более 200 сельских населенных пунктов и 8,5 тыс. га сельхозугодий. Например, один из самых сильных паводков и сход селя за последние годы в Крыму случился 17-18 июня 2021 г. в городских округах Керчь и Ялта [Люлько, Золотарева, 2023]. А. В. Краснокутский и Д. О. Иванова [Краснокутский, Иванова, 2018, С. 25] отмечают, что в пределах города Севастополь в зону затопления попадают 8 населенных пунктов, находящихся пойме рек Кача, Бельбек и Черная. Р. Я. Миньковская и В. А. Иванов [Миньковская, Иванов, 2019] указывают, что в севастопольском регионе застройка естественно затапливаемых пойм и прирусловых балок привела к увеличению риска затопления и подтопления территорий, строений и объектов (например, подтопление низовьев р. Бельбек (п. Любимовка) стало ежегодным). В тоже время, Т. А. Иваненко и Е. С. Комиссаренко [Иваненко, Комиссаренко, 2021] указывают на тот факт, что на территории Крымского полуострова из-за длительного загрязнения, засорения и заиления рек возникают зоны, приводящие к различным видам негативного воздействия вод: затопление, подтопление, размыв берегов при прохождении паводков, т.е. условия искусственно создающие дополнительные условия для развития негативных экстремальных гидрологических явлений.

Таким образом изучение потенциального риска возникновения подтопления и затопления является важной задачей и может быть реализовано с использованием ГИС и геоинформационного моделирования. При этом карты потенциального развития зон подтопления и затопления могут использоваться при оценке геоэкологического состояния речного бассейна.

Бассейновое планирования в пределах речного бассейна. Согласно [Кочуров, Иванов, 1987], для управления процессом рационального природопользования, необходимо учитывать как природные, так и хозяйственные составляющие. Ю. Одум [Одум, 1986, С. 78] указывает на тот факт, что водосборный бассейн и входящие в него, как природные, так и антропогенно созданные образования (поля, леса, водоемы и города) рассматривается как экосистема с целью практического изучения и управления. Т.е. автор подводит нас к мысли о том, что именно водосборный бассейн должен выступать главной единицей управления при организации хозяйственной деятельности. М.Д. Гродзинский и О.В. Савицкая в [Гродзинский, Савицкая,

2008] подчеркивают, что бассейн реки может выступать объектом экологического менеджмента [Гродзинський, Савицька, 2008, С. 276] и экологического мониторинга [Гродзинський, Савицька, 2008, С. 308]. В последние годы также активно подчеркивается важность представления о ландшафтных функциях и ландшафтных услугах и, как следствие, ландшафтного управления природопользованием (Challenges in integrating..., 2010; Bastian et al, 2012).

В работах многих авторов говорится о том, что речной бассейн является уникальной естественной единицей для оптимальной организации природопользования. Л.М. Коротный [Коротный, 1991, С. 161] указывает на проблему выбора оптимальной территориальной ячейки для управления природопользованием и приходит к выводу, что такой ячейкой может выступать речной бассейн. В работе [Методология и методика..., 2000, С. 31] отмечается, что речные бассейны удобны для расчета оптимальной территориальной структуры использования земель, поскольку представляют собой естественные границы, обладающие свойствами самоорганизации.

В работе [Хорошев и др., 2019] подчеркивается большая роль, которую играют бассейновый подход в ландшафтном планировании, особенно в зарубежных исследованиях. А.В. Хорошев с соавторами [Хорошев и др., 2019, С. 65] отмечают, что бассейновый подход к принятию ландшафтно-планировочных решений наиболее приемлем для бассейнов рек примерно 3–6-го порядка и имеет ряд преимуществ, которые главным образом состоят в том, что бассейн выступает как самостоятельная единица планирования, для бассейна можно выполнить ландшафтный анализ на локальном уровне и то что границы бассейна выступают границами ареала обитающих в нем видов.

В тоже время Ахметжанова З. Х. с соавторами [Ахметжанова, Бурлибаева, Рыскельдиева, 2021, С. 83] подчеркивают, что комплексная оценка региона часто может вылиться в решение и рассмотрение экономических, социальных и экологических вопросов по отдельности.

А.Ю. Ретеюм выделяет два направления совершенствования природопользования в речном бассейне [Ретеюм, 1988, С. 107]. Первое из них проявляется в «инвентаризации отдельных видов природных ресурсов и характеристике состояния среды по бассейнам рек разных порядков, а также определение их интегрального ресурсного потенциала», а второе в необходимости перехода от административных границ, которые случайны с точки зрения природной среды, к сбору сведений об эксплуатации природных ресурсов речных геосистем и поступающих отходах в пределах водосборных бассейнов [Ретеюм, 1988, С. 107]. Е.А. Позаченюк [Современные ландшафты..., 2009, С. 181] говорит о том, что самым тонким индикатором природных условий бассейна служат речные воды. Поэтому изучение их загрязнения является чрезвычайно важным аспектом. Б.И. Кочуров и Ю.Г. Иванов [Кочуров, Иванов, 1987, С. 50] для оценки преобразованности территории предлагают оценивать экологи-

хозяйственное состояние. Т. А. Трифонова и П. С. Шутов [Трифонова, Шутов, 2019, С. 1030] демонстрируют, что «объединение бассейнов-аналогов в группы, сходные по динамике развития, обуславливает необходимость выделения из общего количества репрезентативных объектов, которые могут служить для более детального исследования природно-антропогенных динамических процессов и дальнейшего экологического мониторинга». Важность водоохранных зон для организации природопользования и для водохозяйственного планирования неоднократно подчеркивалась [Позаченюк, Петлюкова, Табунщик, 2014].

Проблема сохранения биологического и ландшафтного разнообразия является одной из острейших проблем современности. Поиск путей ее решения имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение. Последнее подтверждается, в том числе и тем обстоятельством, что Россия, вслед за многими странами мира, присоединилась к концепции устойчивого развития, провозглашенной в 1992 г. в Рио-де-Жанейро. В 1996 г. была принята «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», утвержденная Указом № 440 Президента Российской Федерации от 1 апреля 1996 г. Именно этот документ должен быть основным при решении региональных экологических проблем, конечная цель которых - разработка комплекса мер, направленных на оптимизацию природопользования, сохранения биологических ресурсов, а также поддержание биологического и ландшафтного разнообразия регионов [Атаев, Братков, 2009].

Исследование геоэкологической оценки территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор тесно связано с достижением целей глобальных целей устойчивого развития (Цели в области устойчивого развития / Sustainable Development Goals) утвержденной генеральной ассамблеей ООН в 2015 году [United Nations..., 2017], в частности, в рамках обеспечения рационального использования водных ресурсов, жизнестойкости и устойчивости городов и населённых пунктов, защиты экосистем суши и содействия их рациональному использованию, рациональному управлению лесам, прекращения процесса утраты биологического разнообразия и ряда других целей.

Оценка экосистемных услуг и их картографирование на уровне бассейна выявляют текущие антропогенное воздействие на водный бассейн [Climate change and..., 2008]. Palmer et al. [Climate change and..., 2008] подчеркивают, что средиземноморским гидрологическим экосистемным услугам угрожает изменение климата и прогнозируют будущие сценарии увеличение частоты наводнений и продолжительности засух, особенно на Пиренейском полуострове. В тоже время частично территорию бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор можно отнести к субсредиземноморью [Современные ландшафты..., 2014].

Т.В. Бобра [Бобра, 2007, С. 72-73] отмечает, что в ландшафтном территориальном планировании можно выделить два взаимосвязанных аспекта: 1) функциональный,

направленный на поиск оптимального соответствия природно-ресурсного потенциала ландшафта технологии природопользования; 2) пространственный, направленный на определение оптимального (с экологической и социально-экономической точек зрения) сочетания территорий с различными функциями.

Сочетание этих двух аспектов предполагает проведение комплексного ландшафтно-экологического анализа и оценки территории в нескольких направлениях:

1. С точки зрения состояния геосистем относительно природной нормы.
2. С точки зрения пригодности геосистем для различных видов хозяйственной деятельности.
3. По степени благоприятности (неблагоприятности) геосистем для человека.
- 4; По оптимальности территориального сочетания природных, природно-антропогенных и техногенных систем для достижения оптимального эколого-социально-экономического эффекта [Бобра, 2007].

На важность планирования в пределах речного бассейна указывает А.В. Хорошев [Хорошев, 2017б, С. 112] констатируя, что «...планировочное решение относительно конкретного урочища или угодья принимается после оценки благоприятности ситуации в контексте бассейна или географического ландшафта...». Учет эффекта компенсации в пределах речного бассейна чрезвычайно важен при проведении планирования для сохранения эмерджентного эффекта. А.В. Хорошев [Хорошев, 2017б] отмечает, что планируемая утрата тех или иных экологических функций частью бассейна при планировочных решениях должна быть компенсирована сохранением, восстановлением или созданием аналогичного природного комплекса в другой части бассейна.

При проведении планирования в пределах речного бассейна постоянно необходимо учитывать полиструктурный и полимасштабный подход [Хорошев, 2017б], принцип оптимальных пропорций и принцип значимости удаленных эффектов. Суть принципа оптимальных пропорций применительно к регулированию стока состоит в подборе такого площадного соотношения разнотипных видов ландшафтного покрова (угодий – антропогенных модификаций урочищ), которое обеспечит приемлемый годовой режим стока поверхностных и подземных вод [Хорошев, 2017а, С. 94].

Устойчивое развитие речного бассейна должно включать в себя учет как природных, так и хозяйственных аспектов. Таким образом экогеосистема речного бассейна выступает не только объектом изучения, но и объектом управления. Речной бассейн выступает важной единицей для оптимальной организации природопользования. Он может быть выбран в качестве оптимальной территориальной ячейки для управления природопользованием, ландшафтного и водохозяйственного планирования, расчета оптимальной территориальной структуры

использования земель. Планировочные решения должны учитывать оценку благоприятности ситуации в конкретном бассейне и суббассейне реки.

Подытоживая вышесказанное и учитывая тот факт что при проведении геоэкологической оценки используется анализ как природных, так и антропогенных критериев, то можно утверждать, что в качестве основных критериев для геоэкологической оценки должны выступать – геоморфологические характеристики территории речного бассейна, климатические характеристики исследуемой территории речного бассейна, анализ подверженности развития в бассейне реки затопления и подтопления территории, характеристика развития эрозии и потерь почвы в пределах речного бассейна, характеристика загрязнения вод и воздуха в пределах речного бассейна, характеристика антропогенной преобразованности территории бассейнов рек, характеристика развития сети ООПТ и перспективных к заповеданию участков в пределах бассейнов рек, плотность населения в пределах бассейнов рек. Таким образом геоэкологическая оценка речного бассейна предполагает всесторонний анализ факторов внешней среды для устойчивого развития всех основных видов хозяйственной деятельности человека и человеческого общества в пределах бассейна реки. При проведении геоэкологической оценки необходимо стремиться использовать количественные методы и критерии, чтобы получить более объективные и комплексные данные о состоянии речного бассейна.

Выводы по разделу 1

1. В XXI веке наметилась тенденция рассматривать бассейн реки как сложную систему, состоящую как из природной, так и антропогенной составляющей. В нашем понимании, учитывая природный, хозяйственный и социальный блоки и составляющие, мы можем рассматривать в дальнейшем бассейн реки как сложную геоэкологическую систему. В нашем понимании данный термин подчеркивает и пространственно-географический характер речного бассейна, и его функционально-экологические связи как со средой, так и внутри самой системы. К тому же, несмотря на кажущуюся новизну термина, он уже довольно часто используется в литературе.

2. Изучение геоэкологической ситуации и геоэкологической оценки территории является комплексной проблемой, связанной с взаимодействием природных и общественных факторов на конкретной территории. Геоэкологическая ситуация включает в себя трехкомпонентную систему отношений между природными геосистемами, человеком и сферами его деятельности. Различные авторы подчеркивают важность оценки и анализа геоэкологической ситуации. Важными аспектами являются экологическая оценка. Экологическая оценка может пониматься как степень пригодности территории для различных видов деятельности, а также как форма учета условий и ресурсов. Экологическое состояние определяется как качество окружающей среды с

точки зрения человека и полезной ему биоты. Оценка геоэкологической ситуации включает различные аспекты, такие как оценка качества природной среды для здоровья человека, анализ антропогенных воздействий и нагрузок, а также оценка негативных изменений окружающей природной среды.

3. Таким образом оценка геоэкологического состояния речного бассейна предполагает всесторонний анализ факторов внешней среды для устойчивого развития всех основных видов хозяйственной деятельности человека и человеческого общества в пределах бассейна реки. В качестве основных критериев при проведении оценки геоэкологического состояния речного бассейна предлагается рассматривать критерии, которые характеризуют изменение основных природных сред и антропогенные критерии в пределах речного бассейна – геолого-геоморфологические критерии (сейсмичность, плотность тектонических нарушений, проявление селей, лавин, наклон поверхности, глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа); изменение климата и его отклонение от среднесуточной нормы; загрязнение атмосферного воздуха и комплексный индекс загрязнения атмосферы в пределах речных бассейнов; подверженность территории бассейнов рек подтоплению и затоплению, а также загрязнение вод в реках; потери почвы в результате эрозии; изменение растительного покрова в результате анализа вегетационных индексов и потери лесов в пределах речных бассейнов; комплексные характеристики ландшафтов в пределах речных бассейнов – плотность ландшафтных границ и ландшафтное разнообразие); наличие или отсутствие в пределах бассейнов рек особо охраняемых природных территорий; а также проявление антропогенной преобразованности территории в бассейнах рек, изменение и динамика типов наземного покрова и изменение плотности населения в пределах территории речных бассейнов.

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЧНОГО БАССЕЙНА

2.1. Географические информационные системы как инструментарий для оценки геоэкологического состояния речного бассейна

Географические информационные системы (ГИС) активно используются при изучении речных бассейнов. Зарубежный опыт внедрения ГИС при изучении речных бассейнов имеет более богатую и древнюю историю, по сравнению с отечественным, что в первую очередь связано с активным зарождением и внедрением ГИС, в первую очередь, за рубежом в силу исторических особенностей развития зарубежной науки. ГИС позволяют анализировать различные стороны научного познания и изучения речного бассейна.

Большой блок работ с применением ГИС в речных бассейнах связан с анализом морфометрических характеристик бассейна (высота, наклон поверхности, расчленение рельефа, площадь бассейна и ряд других характеристик). Данное направление развевается на стыке геоморфологии, гидрологии с использованием ГИС.

Еще одну большую группу работ с использованием ГИС составляют работы по собственно гидрологическому изучению рек и речных бассейнов. С.В. Пьянков и А.Н. Шихов [Пьянков, Шихов, 2017, С. 8] отмечают, что гидрология является одним из основных потребителей геоинформационных технологий, что обусловлено необходимостью использования большого объема пространственной информации, сложностью и специфичностью её обработки. Здесь широко освещаются различные вопросы моделирования наводнений и подтопления территории [Долженкова, Звягинцева, 2015; Шугулова, Мажитова, Джаналеева, 2022; Курепина, Рыбкина, 2021; Wang, Xie, 2018; GIS Application in..., 2023], изучения изменения формы рек и их берегов, изменение берегов морей и океанов [Мониторинг опасных береговых..., 2020; Mujabar, Chandrasekar, 2013; Bouchahma, Yan, 2014], мониторинг за состоянием водных объектов [Langat, Kumar, Koech, 2019; Mir, Piri, Kisi, 2017; An interactive GIS-based..., 2014; Донцов, Суторихин, 2017] и пр.

Еще одной важной стороной применения ГИС является изменение преобразованности территории и ее оценка [Оценка антропогенной преобразованности..., 2019; Чернов, 2009; Climatic and anthropogenic..., 2021; Anthropogenic transformation of..., 2020]. Для этих целей используется широкий набор самых различных инструментов. Большую группу работ

представляют исследования подземных вод, выполненные с использованием ГИС [Duguma et al., 2023; Assessment of Groundwater..., 2023], для различных целей.

В последние десятилетия ГИС широко вошли в научную деятельность исследователей самых различных научных областей. Анализ публикаций, произведенный по базам наукометрических данных, показывает значительный рост научных трудов по данной тематике (рис. 2.1).

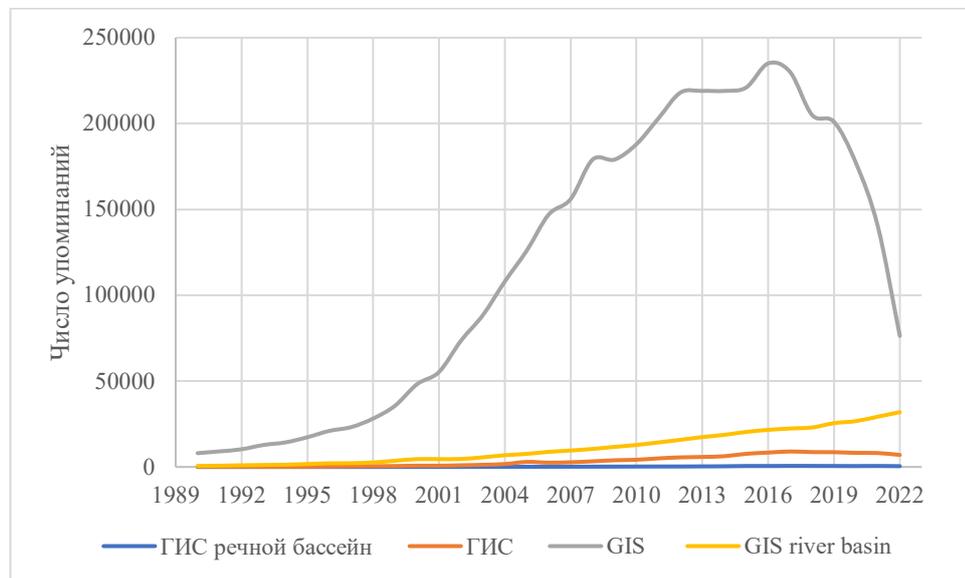


Рис. 2.1 – Частота упоминания термина ГИС, GIS и словосочетаний «ГИС речной бассейн», «GIS river basin» в базах данных РИНЦ и Scopus

Не является исключением применение геоинформационных методов в исследовании речных бассейнов. В тоже время, нужно понимать, что зарубежные исследования с использованием ГИС в последние годы уже заполнили свою нишу с использованием программ десктопной версии и переформируются на использование облачных сервисов (например, Google Earth Engine) и языков программирования – Python, JavaScript и др. [Yang, 2017; Brown 2001].

Существует большой выбор среди ГИС, которые могут использоваться исследователями. Подробная характеристика современных ГИС приводится в работах [Morphometric analysis of..., 2017; Literature review of..., 2017; Shellito, 2012; Chang Kang-tsung, 2018]. Стоит отметить, что на данный момент рынок ГИС развивается по пути создания коммерческого (платного) и открытого свободно распространяемого (бесплатного) программного обеспечения. Среди коммерческого программного обеспечения ГИС можно отметить – ArcGIS, Surfer, GIS BIS, ГИС Панорама и другие, а среди сводного программного обеспечения – Quantum GIS (QGIS), SAGA GIS, GRASS

GIS, ILWIS и пр. Каждый программный продукт обладает своими достоинствами и недостатками. В работе использовались программные комплексы ArcGIS и QGIS, в которых производилась построение карт, анализ и обработка данных.

2.2. Проблема выбора оптимальных операционно-территориальных единиц для оценки геоэкологического состояния речного бассейна

Учитывая тот факт, что рассматриваемая нами территория представляет собой регион, состоящий из бассейнов пяти крупных водотоков и расположенный в пределах различных административно-территориальных и муниципальных образований, то возникает определённая проблематика, связанная с выбором операционно-территориальной единицы (ОТЕ) исследования. Эта проблема является распространённой и часто возникает при исследовании различных территорий в самых различных областях научного познания.

Традиционно вопрос выбора ОТЕ решается по-разному. В исследованиях приуроченных к социально-экономической характеристике регионов в качестве ОТЕ выступают административные или муниципальные районы [Ильина, Сидоренко, 2016; Ландшафтно-экологический анализ..., 2014]. Очень часто исследования проводятся на основе деления изучаемой территории на сетки различной конфигурации [Steinke, 2021; Multi-Scale Flood Mapping..., 2022]. Наиболее часто при этом используются сетки шестиугольников или гексагональные сетки, а также сетки четырехугольников или сетки квадратов одинакового площадного размера. Также в качестве ОТЕ могут выступать границы ландшафтных контуров [Хорошев, 2023; Черных, Золотов, 2011].

Таким образом для бассейнов рек наиболее целесообразно проводить оценки в разрезе сетки шестиугольных ячеек, бассейновой сети (в том числе с учетом суббассейнов), а также единиц ландшафтного деления.

Несмотря на тот факт, что в ландшафтном изучении территория Крымского полуострова хорошо описана, уровень детальности исследований часто не позволяет проводить крупномасштабные работы. Ландшафтная карта в пределах рассматриваемой территории представлена ландшафтно-типологической картой Г.Е. Гришанкова, однако имеет масштаб 1:200000 и наименьшую единицу деления – группу местностей, что не позволяет оценивать пространственную неоднородность рассматриваемых показателей на более крупном масштабном уровне. Описанная в литературе [Позаченюк, 2008] более детальная ландшафтная карта Горного Крыма в масштабе 1:100000 не опубликована и не может быть использована в работе. Таким образом выбор ландшафтных контуров в качестве ОТЕ не может быть осуществлен.

С построением сеток шестиугольников или квадратов любой площади нет никаких сложностей, однако они создаются по искусственным границам и по аналогии с административными границами их использование имеет ряд ограничений. В этой связи намного лучшие результаты показывают сетки шестиугольников, т.к. их форма наиболее приближена к кругу.

Суббассейны малых водотоков в среднем имеют площадь чуть менее 1 км², что соответствует сетке шестиугольников, однако их границы проведены по естественным рубежам, в отличие от вышеупомянутых искусственных сеток. Суббассейны представляют собой бассейны малых порядков, в которых находит отражения вся долинная и овражно-балочная сеть исследуемой территории. В. Петлин и Е. Мищенко в [Петлин, Мищенко, 2021, С. 238] определяют изучение бассейнов 3-4 порядка как субрегиональный масштаб исследования, а выше 4-го порядка – как региональный.

Таким образом получается, что использование в качестве ОТЕ сеток шестиугольников и выделенных суббассейнов водотоков представляет является наиболее целесообразным.

2.3. Методика выделения бассейнов и суббассейнов рек

Выбор ЦМР для выделения водосборного бассейна реки проводился путем отбора наиболее подходящих для целей исследования наборов геоданных, имеющих наибольшее пространственное разрешение и распространение по открытой лицензии. Среди всех доступных для нас моделей для целей исследования были отобраны ЦМР ASTER, ALOS World 3D, Copernicus и SRTM. Пространственное разрешение ЦМР SRTM, ASTER, ALOS World 3D и Copernicus составляет 30 м/пиксель.

Учитывая тот факт, что ЦМР отличается от реальных высот местности в силу того, что для каждого пикселя приводится осредненное значение, была произведена верификация отобранных ЦМР, путем сравнения отметок высот и значений высот, полученных с топографической карты. Для этого, с топографической карты масштаба 1:100000, которая предварительно была привязана в проекцию WGS 84 UTM zone 36N (EPSG:32636), получены выборочные значения отдельных вершин (гор, точек) и изогипс, которые затем сравнивались со значениями высот этих же точек на каждой из рассматриваемых ЦМР, путем простого пространственного соотношения. Для этих целей был создан точечный шейп-файл, содержащий значения высот точек с топографической карты, который затем с использованием инструментов «Пространственное соединение» и «Извлечь значения в точки» для каждой точки были получены значения отметок высот с каждой ЦМР. Всего для каждого водосборного бассейна было отобрано 100 точек и в дальнейшем произведено сравнение полученных данных. Расчет точности

производился по методике, описанной в работе [Оньков, 2011]. Согласно [Оньков, 2011, С. 42-43], при статистической обработке данных принималась аддитивная модель ошибок, согласно которой разности высот ЦМР $H_{\text{ЦМР}}$ и топографического рельефа $H_{\text{ТОРО}}$

$$\Delta H = H_{\text{ЦМР}} - H_{\text{ТОРО}} \quad (2.1)$$

земли рассматривались в виде суммы систематической ΔH и случайной δ_H ошибок:

$$\Delta H = \Delta H + \delta_H \quad (2.2)$$

а после исключения систематической ошибки из результатов измерений

$$\Delta h_i = \Delta H_i - \bar{\Delta H} \quad (2.3)$$

оценивались параметры случайной составляющей δ_H .

В работе рассчитаны следующие видов ошибок (где n – число измерений):

1. Среднее значение разности высот (систематическая ошибка), м

$$\bar{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i \quad (2.4)$$

2. Средняя квадратическая ошибка (Root Mean Square Error), м

$$RMSE_{\Delta H} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta H_i^2} \quad (2.5)$$

3. Средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error), м

$$MAE_{\Delta H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta H_i| \quad (2.6)$$

4. Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta h_i^2} \quad (2.7)$$

5. Центрированная средняя абсолютная ошибка, м

$$\theta_{\Delta h} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n |\Delta h_i|} \quad (2.8)$$

Методика выделения бассейнов рек и их суббассейнов реализована с использованием программного комплекса ArcGIS 10.4. и встроенного редактора моделей Model Builder, который позволяет автоматизировать и ускорить процесс построения (рис 2.2). Выделение бассейнов рек основано на методике, описанной в работах [Garrote, 2022; Vajirao et al., 2019; Elkhachy, 2018]. Наилучший результат моделирования суббассейнов 5 наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор – Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная – показала методика предложенная Т.Е. Самсоновым [Самсонов, 2022]. Нами была произведена ее автоматизация с использованием встроенного редактора моделей Model Builder (рис. 2.2). В тоже время, здесь стоит отметить, чувствительность данной методики к входящим наборам пространственных данных – вида ЦМР и ее точности, а также точности привязки точек устья.

Методика исследования морфометрического анализа речных бассейнов строится на использовании программного комплекса ArcGIS и ЦМР и представляет собой алгоритм

действий, состоящий из последовательного выполнения следующих шагов с использованием группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» [Identification of river..., 2023; Табунщик, 2018]:

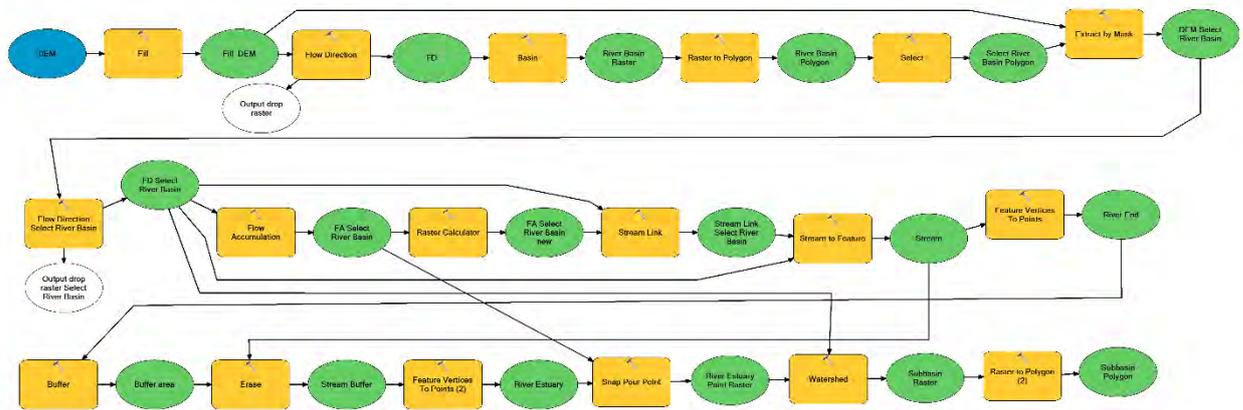


Рис. 2.2 – Модель выделения бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор и их суббассейнов в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная [Identification of river..., 2023]

1. ЦМР загружается в программный комплекс ArcGIS.
2. С помощью инструмента «Заполнение» («Fill») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» в ЦМР заполняются некорректные понижения рельефа.
3. С помощью инструмента «Направление стока» («Flow Direction») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» определяются направления стока для каждого пикселя ЦМР, предварительно обработанной (пункт 2) инструментом «Заполнение» («Fill»).
4. С помощью инструмента «Суммарный сток» («Flow Accumulation») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» производится вычисление суммарного стока, который представляет собой суммарный вес всех пикселей, впадающих в каждый пиксель вниз по склону выходного растра. В качестве входящего растра используется растр направления стока, созданный в пункте 3.
5. С помощью инструмента «Калькулятор растра» («Raster Calculator») из группы инструментов «Алгебра карт» («Map Algebra») набора инструментов «Spatial Analyst» производится выбор пикселей, для которых значение суммарного стока более 25. В результате создается новый растр со значением суммарного стока более 25.
6. С помощью инструмента «Идентификация водотоков» («Stream Link») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» создается

растровая линейная сеть, где каждой секции линейной сети присваиваются уникальные значения и выделяются водотоки-звенья. В качестве исходных (входящих) растров используются растр направления стока, созданный в пункте 3 и растр суммарного стока со значением более 25, созданный в пункте 5.

7. С помощью инструмента «Порядок водотоков» («Stream Order») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» для каждого звена эрозионной сети растра созданному в пункте 6 присваивается порядковый номер.

8. С помощью инструмента «Бассейн» («Basin») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst», на основании построенного растра направления стока (пункт 3), строится растр бассейнов рек;

9. С помощью инструмента «Растр в полигоны» («Raster to Polygon») из группы инструментов «Из растра» («From Raster») набора инструментов «Конвертация» («Conversion») полученный в пункте 7 растр, трансформируется в полигональный шейп-файл.

10. Расчет площади для каждого бассейна производится с помощью создания в атрибутивной таблице шейп-файла, полученного в пункте 9, нового столбца «area» и использования команды контекстного меню созданного столбца «Калькулятор поля» («Field Calculator»).

11. Расчет показателя «Симметричность бассейна относительно реки» определяется по формуле [Волков, 1950]:

$$a = (P_{л}-P_{п})/(P_{л}+P_{п}) \quad (2.9)$$

где $P_{л}$ – площадь левой части бассейна, $P_{п}$ – площадь правой части бассейна. Для этого определяются площади соответственно левой и правой части бассейна реки, способом аналогичным описанному в пункте 10.

12. Согласно [Волков, 1950], за длину бассейна обычно принимают длину его «осевой линии» (медианы), которая, как правило, не совпадает с направлением реки и которую можно получить, соединяя плавной линией середины поперечников, проведенных на площади бассейна, или центры вписанных в бассейн окружностей. Осевая линия должна соединять устье с самой отдаленной от него точкой бассейна, которая может и не совпадать с верховьем главной реки. Средняя ширина бассейна (B) определяется по формуле:

$$B = P/L \quad (2.10)$$

где P – площадь бассейна, а L – длина оси бассейна.

13. Изрезанность очертаний водораздельной линии бассейна вычисляется по формуле [Волков, 1950]:

$$K = S / 2 \sqrt{\pi P} \quad (2.11)$$

где S – длина водораздельной линии, P – площадь бассейна реки. Длина водораздельной линии вычисляется с использования команды контекстного меню столбца «Калькулятор поля» («Field Calculator»).

14. С помощью инструмента «Извлечь по маске» («Extract by Mask») из группы инструментов «Извлечение» («Extraction») набора инструментов «Spatial Analyst» производится обрезка ЦМР для бассейнов выбранных рек и устанавливаются максимальные, минимальные и средние абсолютные высоты, а также амплитуда высот в пределах бассейнов;

15. С помощью инструмента «Уклон» («Slope») из группы инструментов «Поверхность» («Surface») набора инструментов «Spatial Analyst» рассчитывается наклон поверхности;

16. С помощью инструмента «Извлечь по маске» («Extract by Mask») из группы инструментов «Извлечение» («Extraction») набора инструментов «Spatial Analyst» производится обрезка раstra, отражающего наклон поверхности (пункт 13) для бассейнов выбранных рек и устанавливаются максимальные, минимальные и средние значения наклона поверхности в пределах бассейнов [Табунщик, 2018; Табунщик, 2021].

Для территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в целом были рассчитаны значения пяти различных видов ошибок, представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Сравнение точности значений абсолютных высот на территории района исследования по топографической карте масштаба 1:100000 и различным наборам ЦМР

Виды ошибок	Цифровая модель рельефа			
	ASTER	ALOS World 3D	Copernicus	SRTM
Систематическая ошибка, м	-7,7	-3,8	-3,4	-9,5
Средняя квадратическая ошибка, м	14,0	12,8	8,7	14,9
Средняя абсолютная ошибка, м	10,3	7,4	6,0	10,9
Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м	21,9	19,0	14,3	11,3
Центрированная средняя абсолютная ошибка, м	3,9	3,9	3,4	2,7

Как видно из таблицы 2.1, наибольшим значением ошибок характеризуется ЦМР ASTER и SRTM, а наименьшим – ALOS World 3D и Copernicus. Дополнительно, также,

проанализированы значения ошибок в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная, которые представлены в таблицах 2.2 – 2.6.

Таблица 2.2 – Сравнение точности значений абсолютных высот в бассейне реки Западный Булганак по топографической карте масштаба 1:100000 и различным наборам ЦМР

Виды ошибок	Цифровая модель рельефа			
	ASTER	ALOS World 3D	Copernicus	SRTM
Систематическая ошибка, м	-3,8	-2,7	-1,5	-1,9
Средняя квадратическая ошибка, м	6,7	4,4	3,6	3,7
Средняя абсолютная ошибка, м	4,7	2,8	2,2	2,4
Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м	14,7	12,8	9,6	4,8
Центрированная средняя абсолютная ошибка, м	3,0	3,2	2,7	1,8

Таблица 2.3 – Сравнение точности значений абсолютных высот в бассейне реки Альма по топографической карте масштаба 1:100000 и различным наборам ЦМР

Виды ошибок	Цифровая модель рельефа			
	ASTER	ALOS World 3D	Copernicus	SRTM
Систематическая ошибка, м	-10,5	-7,0	-5,2	-11,4
Средняя квадратическая ошибка, м	13,3	12,1	10,0	17,3
Средняя абсолютная ошибка, м	11,0	8,0	6,7	12,1
Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м	23,3	20,8	16,5	13,6
Центрированная средняя абсолютная ошибка, м	4,2	4,3	3,8	2,9

Таблица 2.4 – Сравнение точности значений абсолютных высот в бассейне реки Кача по топографической карте масштаба 1:100000 и различным наборам ЦМР

Виды ошибок	Цифровая модель рельефа			
	ASTER	ALOS World 3D	Copernicus	SRTM
Систематическая ошибка, м	-12,6	-9,1	-7,1	-16,1
Средняя квадратическая ошибка, м	19,6	13,9	12,0	19,6
Средняя абсолютная ошибка, м	14,8	10,9	9,5	16,7
Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м	28,2	22,9	18,7	14,2
Центрированная средняя абсолютная ошибка, м	4,5	4,5	4,0	3,3

Таблица 2.5 – Сравнение точности значений абсолютных высот в бассейне реки Бельбек по топографической карте масштаба 1:100000 и различным наборам ЦМР

Виды ошибок	Цифровая модель рельефа			
	ASTER	ALOS World 3D	Copernicus	SRTM
Систематическая ошибка, м	-6,2	-0,2	-3,4	-10,4
Средняя квадратическая ошибка, м	15,3	20,5	8,8	16,3
Средняя абсолютная ошибка, м	11,7	10,2	6,8	13,4
Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м	22,4	23,6	14,7	12,9
Центрированная средняя абсолютная ошибка, м	4,1	4,1	3,5	3,0

Таблица 2.6 – Сравнение точности значений абсолютных высот в бассейне реки Черная по топографической карте масштаба 1:100000 и различным наборам ЦМР

Виды ошибок	Цифровая модель рельефа			
	ASTER	ALOS World 3D	Copernicus	SRTM
Систематическая ошибка, м	-6,1	-1,6	-0,7	-9,2
Средняя квадратическая ошибка, м	12,4	7,2	6,8	12,2
Средняя абсолютная ошибка, м	10,5	5,7	5,2	10,5
Стандартная средняя среднеквадратическая ошибка, м	20,6	14,7	11,8	8,2
Центрированная средняя абсолютная ошибка, м	3,9	3,7	3,3	2,6

Таким образом, получается, что для анализа морфометрических характеристик бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор наибольшим образом подходит ЦМР Copernicus, имеющая пространственное разрешение 30 м/пиксель.

Опираясь на ЦМР Copernicus, в результате моделирования и частичной ручной корректировки полученных результатов модели, выделены границы суббассейнов водотоков в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная. Полученные результаты представлены на рисунке 2.3. Как можно видеть из рисунка 2.3 всего на рассматриваемой территории выделено 3293 суббассейна, слагающих долинную и овражно-балочную сеть изучаемой территории, причем в бассейне реки Западный Булганак – 207, реки Альма – 860, реки Кача – 855, реки Бельбек – 747, реки Черная – 624 суббассейна.

Проанализировав данные, представленные в таблицах 2.1-2.6, можно сказать, что ЦМР Copernicus, имеющая пространственное разрешение 30 м/пиксель, имеет наименьшие значения ошибок. В тоже время нужно учитывать тот факт, что при использовании одной и той же методики, при разных данных, используемых на входе в модель, полученные результаты могут незначительно отличаться. Это может касаться как границ региона исследования, так и

программных продуктов, в которых происходит обработка результатов. Например, если сравнивать выполненные нами ранее расчеты площади водосборных бассейнов по ЦМР SRTM [Табунщик, 2021] с ЦМР Copernicus и литературными данными наблюдаются незначительные отличия. Здесь стоит оговориться, что в масштабе всего бассейна в целом эти изменения незначительны и различия в основном связаны с числом точек, по которым проводятся внешние границы бассейнов рек.

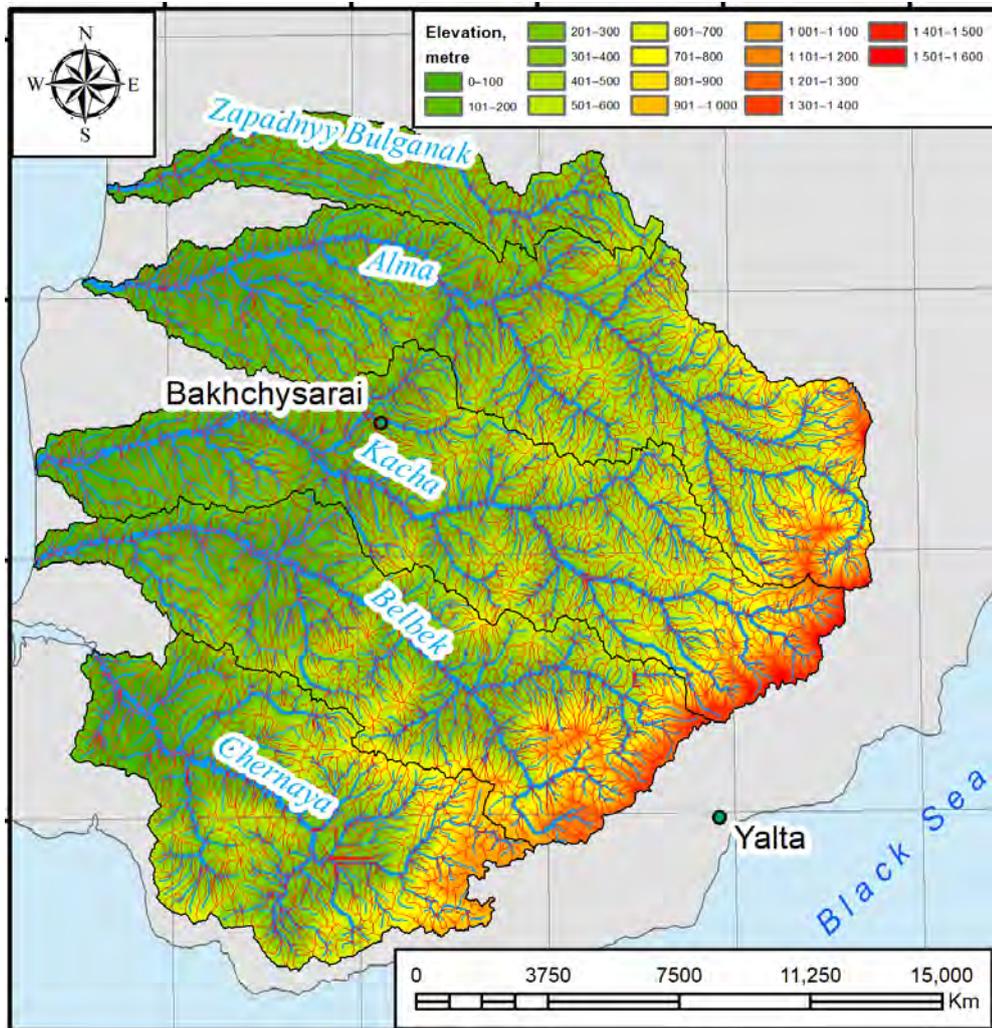


Рис. 2.3 – Суббасейны водотоков северо-западного склона Крымских гор в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная

Стоит сравнить полученные нами данные с данными, рассчитанными исследователями для других регионов мира. А.К. Karwel и I.Ewiak [Karwel, Ewiak, 2008, С. 169] при этом указывают, что точность SRTM в пределах равнинной части территории Польши достигает 2,9 м, а для горных и предгорных участков – 5, 4 м. Расчеты, выполненные в работе [Орлянкин, Алешина, 2019, С. 75] показывают, что в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор систематическая ошибка значений высоты, рассчитанная по набору данных SRTM с пространственным разрешением 90x90 м, достигает +1 метр. Точность наборов данных

Sopernicus подтверждается большим количеством работ. В работе [The impact of..., 2021, С. 1118] Mutar A. Q. et al. указывают что средняя квадратическая ошибка (RMSE) составляет 1,3 м, что точнее набора данных SRTM в 2,6 раза, а ASTER– в 5,2 раза. По [Multi-Scale Flood Mapping..., 2022] точность набора данных Sopernicus на территории Китая достигает 6,73 м. Santillan J.R. and Makinano-Santillan M. [Santillan J.R., Makinano-Santillan, 2016] указывают, что при сравнении наборов данных в пределах Филиппин набор данных AW3D30 наиболее точно отображает истинные высоты, по сравнению с наборами данных SRTM и ASTER, поскольку набор данных AW3D30 имеет наименьшую среднюю ошибку, RMSE и стандартное отклонение. Ismail Elkhrahy для территории Саудовской Аравии указывает [Elkhrahy, 2018], что при сравнении топографической карты масштаба 1: 10 000, выбранной в качестве эталонной, вертикальная точность наборов данных SRTM и ASTER составляет $\pm 6,87$ м и $\pm 7,97$ м соответственно.

В связи с этим также интересно как изменяются площади бассейнов рек и морфометрические характеристики бассейнов рек. В таблице 2.7 представлены результаты сравнения площади бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная рассчитанные по наборам данных SRTM и Sopernicus, а также сравнение с данными о площади бассейнов рек приведенными в литературе.

Таблица 2.7 – Сравнение площади бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная

Бассейн	Площадь, км ²			Отличие от литературных данных, %	
	SRTM	Sopernicus	по [Поверхностные водные..., 2011]	SRTM	Sopernicus
Западный Булганак	177,1	174,6	180	2	3
Альма	641,8	631,8	635	-1	0
Кача	570,9	573,3	573	0	0
Бельбек	492,1	491,1	505	3	3
Черная	430,5	428,0	427	-1	0

В последнее время с использованием ГИС возможно проводить выделение как бассейнов рек [Ермолаев и др., 2014; Пьянков, Шихов, 2017; Пьянков, 2006], так и суббассейнов крупных рек в автоматическом и полуавтоматическом режиме [A multidisciplinary framework..., 2019; Vanham, Bidoglio, 2014]. Но, недостаточная точность ЦМР и новые методики, часто могут приводить к искажению результатов на выходе. Например, применение методики, описанной в работах [Самсонов, 2022; Табунщик, 2021], и основанной на PCRaster Python Library, а также автоматизированной Н. Van der Kwast в виде плагина PCRaster Tools для QGIS для бассейнов рек

северо-западного склона Крымских гор показало довольно пеструю картину, не поддающуюся логической классификации (рис. 2.4).

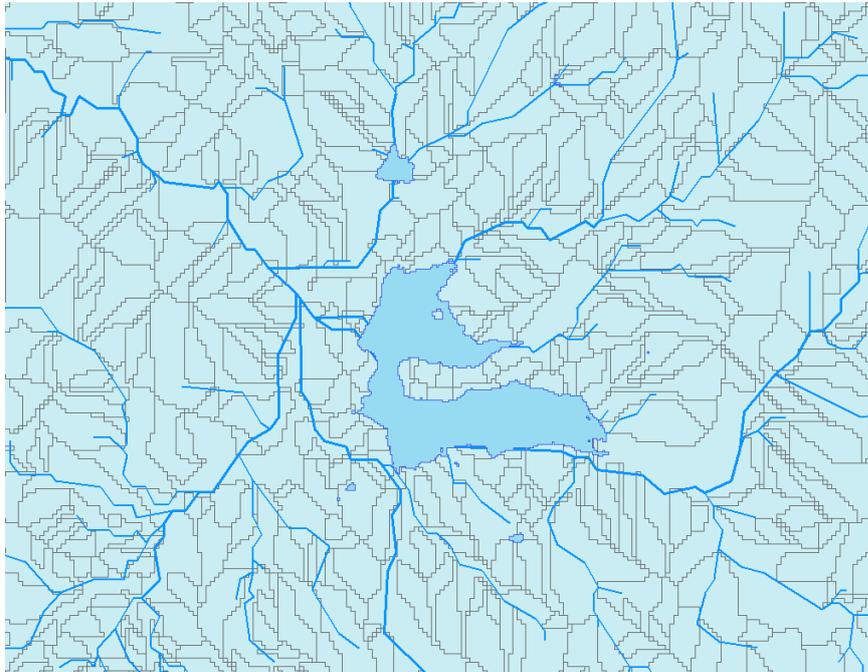


Рис. 2.4 – Пример неудачного выделения суббассейнов с использованием плагина PCRaster Tools для QGIS на примере фрагмента водосборного бассейна реки Черная

Наилучший результат моделирования суббассейнов показала методика предложенная Т.Е. Самсоновым [Самсонов, 2022], которая предлагает использовать для выделения точек устья водотоков, впадающих в главный водоток значение буфера превышающее значение разрешения ЦМР в два раза. В тоже время, при наших расчетах установлено, что это значение следует принимать равным разрешению пикселя, в виду большой ошибки построения и визуализации данных при размере буфера в два значения пикселя (рис. 2.5). В тоже время в отдельных местах покрытия присутствуют одиночные пиксели изображения, которые не относятся к бассейнам водотоков, и их привязка в дальнейшем осуществляется вручную. В итоге можно говорить, что рассмотренная модель выделения суббассейнов рек показала высокую точность. Также влияние на точность выделения суббассейнов и разрешение различных открытых наборов данных ЦМР. При сравнении данных ЦМР, которые имеют разрешение 90 м/пиксель и 30 м/пиксель, наилучшие результаты показала ЦМР с разрешением 30 м/пиксель.

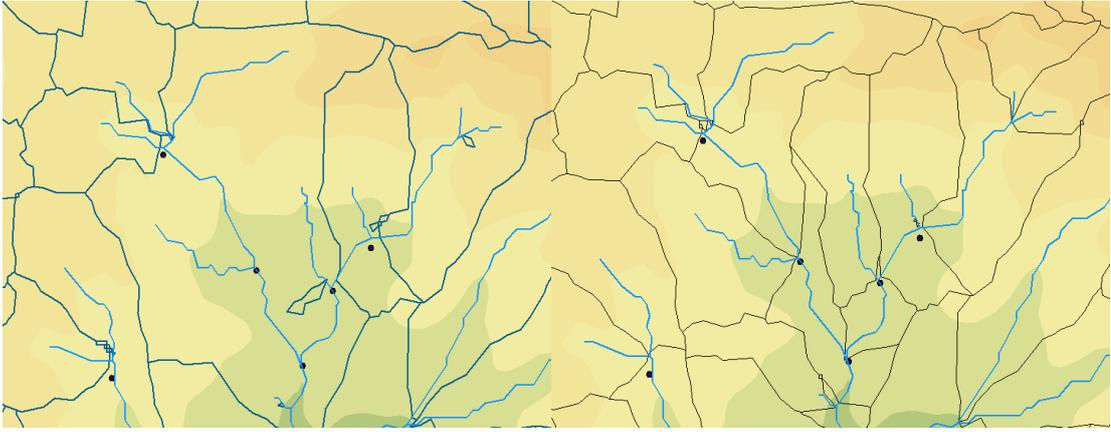


Рис. 2.5 – Фрагмент карты суббассейнов составленный с использованием буфера 60 м (слева), содержащий ошибки построения и 30 м (справа) с минимальными ошибками построения

Для территории Крымского полуострова имеется широкий круг работ по выделению бассейнов рек с использованием ЦМР SRTM [Нарожняя, 2021; Анализ факторов..., 2014; Табунщикб 2021; Дрыгваль, 2022; Vlasova, 2012; Model of position-dynamic..., 2015]. В тоже время другие ЦМР практически не используется, что вероятно всего связано с большей известностью и широким применением SRTM DEM.

А. Г. Нарожняя [Нарожняя, 2021] приводит подробную характеристику морфометрического анализа бассейнов рек Крымского полуострова, однако, она основывается на использовании ЦМР SRTM. В работе не приводится подробная характеристика отдельных бассейнов крупных рек Крымского полуострова, в том числе и пяти рассматриваемых бассейнов, а лишь представлены отдельные карты позволяющие судить о распределении тех или иных морфометрических показателей речных бассейнов и в ней не выделяются суббассейны рек.

Таким образом можно говорить [Identification of..., 2023], что наше исследование является пионерным в рамках выделения суббассейнов рек в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная, а также существенно уточняет имеющуюся информацию о количественных характеристиках бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная.

Несмотря уже на более чем двухвековую историю в гидрологическом изучении территория Крымского полуострова остается еще недостаточно изученной. Только в конце XX - начале XXI века, начались детальные работы по выделению и описанию бассейнов и суббассейнов рек Крымского полуострова. Однако, на сегодняшний момент это крайне скудные и разобщенные данные. Исследование выделения бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор вносит свой большой вклад в нерешенную историю этого вопроса.

Использование ЦМР позволяет провести изучение основных морфометрических характеристик бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, однако при выборе исходных данных необходимо учитывать наименее подверженные ошибкам. Проведенные расчеты показывают, что наименьшие ошибки при выборе ЦМР характерны для ЦМР Copernicus с разрешением 30 м/пиксель. ЦМР Copernicus обеспечивает достаточно высокий уровень точности и детализации, что можно увидеть на примере расчетной модели бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная, а также их суббассейнов.

Это в свою очередь открывает широкие возможности перед исследователями природы Крымского полуострова для решения многих задач с более точными исходными данными. В тоже время, использование ЦМР целесообразно при проведении комплексных инженерно-геологических, гидрологических и гидрогеологических исследований.

2.4. Частные методики оценки критериев геоэкологического состояния отдельных компонентов природы в пределах речного бассейна

2.4.1. Методика оценки климатических изменений в бассейнах рек

Для оценки изменения климата в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор были использованы данные баз реанализа и данные ранее опубликованных материалов различных исследователей. Palmer et al. [Climate change and..., 2008] отмечают, что прогнозы изменения климата для бассейнов или суббассейнов рек и стратегии, разработанные в контексте местной экономики и общественных потребностей, имеют важное значение для полноценного устойчивого развития. Динамика среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков анализируется по базе данных ERA5-Land [ERA5-Land, 2022], в которой содержатся почасовые данные для всей суши. Несмотря на разрешение базы в $0,1^\circ \times 0,1^\circ$, из-за отсутствия полноценной регулярной сети метеостанций, для наблюдения за метеоэлементами, покрывающей равномерно всю его территорию, использование рядов наблюдений из ERA5-Land позволяет получить наиболее полную картину изменения значений рассматриваемых показателей. Дополнительно для расчетов

Данные о границах циркуляционных эпохах и периодах Северного полушария получены из [Кононова, 2009] и приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Границы циркуляционных эпох и периодов [Кононова, 2009]

Циркуляционная эпоха	Годы	Периоды внутри эпох	Годы
Меридиональная северная	1899–1915		
Зональная	1916–1956		
Меридиональная южная	1957–2019	Одновременного увеличения продолжительности меридиональных северных и южных процессов	1957–1969
		Повышенной продолжительности зональных процессов	1970–1980
		Быстрого роста продолжительности меридиональных южных процессов	1981–1997
		Уменьшения продолжительности меридиональных южных процессов и роста меридиональных северных	1998–2019

С использованием ГИС, для каждой циркуляционной эпохи и периода (согласно таблице 2.8) рассчитаны значения средние температуры воздуха и среднее количество выпадающих осадков. В тоже время нужно понимать, что для более детального изучения необходимо использовать среднеголетнее значение, которое будет выступать как некая норма, с которой необходимо сравнивать значения в определённые периоды времени или года. Расчет нормы выполнен с использованием данных реанализа на платформе облачных вычислений Google Earth Engine.

2.4.2. Методика оценки плотности населения

Плотность населения оценивалась на основе данных глобальной базы LandScan [Sims et al., 2022; Bright, Coleman, 2001]. Глобальная база данных о населении LandScan, разработанная Национальной лабораторией Окриджа Министерства энергетики (ORNL), распространяется по открытой лицензии и свободно доступна в сети Интернет. LandScan представляет собой базу, содержащую данные о плотности населения с 2000 года, и распространяется открыто в высоком разрешении.

Среди социально-экономических факторов мы учитывали значения показателя плотности населения. Так как в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор нет крупных промышленных объектов, приуроченных именно к местам добычи ресурсов, то карты плотности населения имеют высокие значения корреляции с воздействием антропогенного фактора. Изучение структуры и динамики использования земель и плотности населения дает возможность провести первичную оценку экологически опасных изменений, которые произошли в процессе антропогенизации природных ландшафтов [Кочуров, 2016, С. 38].

2.4.3. Методика оценки антропогенной преобразованности в бассейнах рек

Расчет антропогенной преобразованности территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор произведен с использованием программного комплекса ArcGIS 10, опираясь на методики расчета следующих показателей, характеризующих преобразованность территории:

1. Коэффициент антропогенной преобразованности, по П.Г. Шищенко [Шищенко, 1988] рассчитывался по формуле:

$$K = \frac{\sum(r_i * p_i * q) * n}{100} \quad (2.12)$$

где K – коэффициент антропогенной преобразованности;

r_i – ранг антропогенной преобразованности i -тым видом использования (природные охраняемые территории – 1; леса – 2; болота и заболоченные земли – 3; луга – 4; сады и виноградники – 5; пашни – 6; сельская застройка – 7; городская застройка – 8; водохранилища, каналы – 9; земли промышленного использования – 10);

p_i – площадь ранга (%);

q – индекс глубины преобразованности (природоохраняемые территории – 1; леса – 1,05; болота, плавни, заболоченные земли – 1,1; луга – 1,15; сады, виноградники – 1,2; пашня – 1,25; сельская застройка – 1,3; городская застройка – 1,35; водохранилища – 1,4; земли промышленного использования – 1,5);

n – количество выделов в пределах исследуемого региона [Шищенко, 1988].

2. Индекс антропогенной нарушенности земель или индекс антропогенной измененности земель, по А.С. Рулеву [Рулев, 2007], рассчитывался по формуле:

$$ИЛ = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} N_i S_i}{S_{scan}} \quad (2.13)$$

S_i – площадь вида землепользования, км², %;

N_i – ранг, или коэффициент нарушенности ландшафта (1 – лесные площади и древесно-кустарниковые насаждения, 2 – под водой и болотами, 3 – пастбища, 4 – пашня (включая орошаемую), 5 – промышленно-транспортные и селитебные территории);

S_{scan} – площадь квадрата сканирования;

i – порядковый номер вида нарушений;

m – количество видов нарушений [Рулев, 2007].

3. Индекс урбанизированности (urbanity index), по Т. Wrbka et al. [Linking pattern and..., 2004], рассчитывался по формуле:

$$\text{Urbanity} = \log_{10} \frac{(U+A)}{(F+W+B)} \quad (2.14)$$

где U – городские районы; A – сельскохозяйственные районы (пахотные земли, сельскохозяйственные угодья); F – лесные районы; W – водные и водноболотные угодья; B – естественные или полустественные биотопы (естественные районы) [Linking pattern and..., 2004].

4. Степень антропогенной преобразованности, по В.В. Занозину [Занозин, 2021], рассчитывался по формуле:

$$L_{antropo} = \frac{SA_1 * k_1 + SA_2 * k_2 + \dots + SA_n * k_n}{S_{NTC}} \quad (2.15)$$

где SA – площадь модифицированного участка природного территориального комплекса, k – числовой коэффициент степени антропогенной преобразованности (1 – ООПТ, ненарушенные территории; 2 – Сенокосы; 3 – Выпас скота, залежные земли; 4 – Возделываемые земли, пашни, рисовые чеки; 5 – Дачи и схожие земли; 6 – Карьеры, искусственные пруды и водные объекты, дороги, кладбища; 7 – Постройки производственного типа; 8 – Застройка сельская и прилегающие территории; 9 – Застройка городская и прилегающие территории, зоны промышленного типа), S_{NTC} – площадь естественного природного территориального комплекса [Занозин, 2021].

5. Коэффициенты абсолютной и относительной напряженности эколого-хозяйственного баланса территории, по Б.И. Кочурову [Кочуров, 1999], рассчитываются по формулам:

$$Ka = \frac{P_6}{P_1} \quad (2.16)$$

$$K_o = \frac{P_6 + P_5 + P_6}{P_1 + P_2 + P_3} \quad (2.17)$$

где P_6 – земли промышленности, транспорта, связи, обороны и прочие нарушенные земли, полигоны отходов, свалки; P_5 – земли городских поселений; P_4 – пашни, земли сельских поселений; P_3 – многолетние насаждения, пастбища, рекреационные земли, земли лесного фонда; P_2 – сенокосы, залежь, земли под лесами, не используемые для рубок, земли запаса; P_1 – земли ООПТ, земли водного фонда и другие условно неиспользуемые земли [Кочуров, 1999].

6. Суммарная площадь земель со средостабилизирующими и ресурсостабилизирующими функциями (Рсф), по Б.И. Кочурову [Кочуров, 1999], рассчитывается по формуле:

$$P_{сф} = P_1 + 0,8 * P_2 + 0,6 * P_3 + 0,4 * P_4 \quad (2.18)$$

7. Коэффициент естественной защищенности территории (Кез), по Б.И. Кочурову [Кочуров, 1999], рассчитывается по формуле:

$$K_{ез} = \frac{P_{сф}}{P_0} \quad (2.19)$$

где $P_{сф}$ – площадь земель, P_0 – общая площадь исследуемой территории [Кочуров, 1999].

Расчет показателей произведен как для территории всего бассейна в целом, так и для сетки шестиугольных ячеек, слагающих рассматриваемую территорию. Дополнительно стоит отметить, что для гексагональной сети чрезвычайно сложно произвести оценку степени антропогенной преобразованности в трактовке Б.И. Кочурова [Кочуров, 1999], в частности рассчитать коэффициенты абсолютной и относительной напряженности эколого-хозяйственного баланса территории. Это связано с тем, что формулы, используемые для оценки абсолютной и относительной напряженности эколого-хозяйственного баланса, представляют собой дроби и если в числителе или знаменатели этой дроби присутствуют нулевые значения, то произвести расчеты невозможно. Например, на юго-востоке бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек, Черная территория занята в основном лесами и большинство операционно-территориальных единиц не имеет в своем составе промышленных объектов, хорошо выраженной транспортной инфраструктуры, селитебной застройки и нарушенных земель. То есть получается, что для некоторых шестиугольников при расчете коэффициента абсолютной напряженности в

знаменателе дроби будет ноль, что ведет к ошибке и невозможности произвести расчеты. И в таком случае, возможно использовать эти коэффициенты только для всей территории бассейна или более крупных операционно-территориальных единиц [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022]. В тоже время формула представленная у Б.И. Кочурова [Кочуров, 1999] интересна тем, что вводит для расчетов категорию неиспользуемых земель, которые получают минимальные значения преобразованности. Очевидно, что это является преимуществом по сравнению с формулой, представленной в работе [Шищенко, 1988], где приводится строгое разграничение типов природопользования, представленных на исследуемой территории и неясно куда относить отдельные виды природопользования, которые есть, но отсутствуют в классификации (например, горные склоны без растительности). В тоже время, исходя из работы [Шищенко, 1988], некоторые территории могут быть отнесены к двум видам использования территории (например, лес или луг в составе ООПТ). И возникает резонный вопрос о том, каком образом учитывать эту территорию при расчетах – как покрытую лесом, как ООПТ или дважды, как два вида использования [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

Отдельно стоит сделать оговорку о том, что несмотря на тот факт, что методики оценки преобразованности разрабатывались для оценки преобразованности ландшафтов, многие авторы используют их для оценки преобразованности территории. Это проявляется в том случае, когда исследуемая территория разбивается на сетку квадратов или шестиугольников и оценка производится именно для этих операционно-территориальных единиц, а не для ландшафтов или более мелких или крупных таксономических ландшафтных единиц.

В связи с тем, что изначально методика П.Г. Шищенко [Шищенко, 1988] была апробирована для территории Украинской ССР, при переходе на локальный уровень исследования оказалась необходимым расширить шкалу значений коэффициента антропогенной преобразованности [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022]. Из-за большой площади выделов в пределах территории Украины, для которой П.Г. Шищенко приводит расчеты, максимальное значение коэффициента антропогенной преобразованности не достигает более 8. В то время как при исследовании более мелких по площади территориальных единиц значение коэффициента антропогенной преобразованности превышает 8. Например, в работе [Альшевби, 1997] Ф.С. Альшевби указывает на то, что при расчетах коэффициента антропогенной преобразованности для сельскохозяйственных земель Равнинного Крыма, необходимо использовать более дробную шкалу оценки, в силу того что максимальные значения коэффициента антропогенной преобразованности для исследуемой территории не превышает 5,0. Как показано в [Калинчук, Михайлов, Позаченюк., 2016] это ведет к изменению исходной классификации и усложнению пространственного рисунка распределения значений коэффициента. В тоже время выбор масштаба исследования оказывает большое значение и на саму классификационную легенду

значений коэффициента антропогенной преобразованности. Например, в работе [Михайлов, 2012] для Крымского Присивашья, при расчете коэффициента антропогенной преобразованности присутствуют непреобразованные квадраты территории, а в работе [Калинчук, Михайлов, Позаченюк, 2016], выполненной для Равнинного Крыма в целом – таких квадратов уже нет, в силу увеличения размера самого квадрата, т.е. операционно-территориальной единицы исследования.

Анализ рассмотренных показателей позволяет нам провести кластерный анализ антропогенной трансформации и выделить в пределах речных бассейнов северо-западного склона Крымских гор низкотрансформированные, среднетрансформированные и высокотрансформированные районы. Кластерный анализ проводился с использованием встроенных модулей программного комплекса Quantum GIS (модуль Attribute based clustering) [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

2.4.4. Методика оценки динамики типов наземного покрова в бассейнах рек

Модель CORINE Land Cover построенная Европейским космическим агентством не включает территорию Крымского полуострова и построена выборочно. Так, например, существуют данные о характеристике наземного покрова для территории Польши, Эстонии, Латвии и Литвы, в то время как расположенная между этими странами Калининградская область России не имеет данных о наземном покрове в рамках модели CORINE Land Cover. Представляют интерес, также, данные о типах наземного покрова Copernicus Global Land Cover, разработанные в рамках реализации программы Copernicus Европейского космического агентства [Copernicus Global Land..., 2020] и имеющие пространственное разрешение 100 м и рассматривает динамику наземного покрова с 2015 по 2019 гг., однако для рассматриваемой территории ее данные показали спорные результаты и в данной работе не рассматриваются. Представляют интерес наборы данных MODIS Land Cover, содержащий подразделение типов наземного покрова на 17 классов, однако имеющий разрешение 500 м [Hierarchical mapping of ..., 2019]. Существуют наборы данных, созданные специально на определённую дату и не имеющие целью изучение ежегодной динамики наземного покрова. Однако в большинстве своем они могут быть использованы в других наборах данных. Например, набор данных GlobCover Land Cover Maps [GlobCover ESA service..., 2007] содержит данные о наземном покрове за 2009 год [Табунщик, Горбунов, 2022].

Для территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор были выбраны наиболее подходящие модели типов земельного покрова, содержащие информацию о его динамике. Набор Land Cover Climate Change Initiative (CCI) имеет пространственное разрешение

300 метров и охватывает период с 1992 по 2020 год [Land Cover CCI..., 2015]. Он создан по инициативе Европейского космического агентства (ЕКА) по изменению климата (CCI). Набор GlobeLand30 представляет особый интерес и содержит глобальное покрытие земного шара с пространственным разрешением 30 м [Finer resolution observation..., 2013], что значительно превосходит вышеописанные наборы данных. Набор GlobeLand30 включает 10 типов земной поверхности (обрабатываемые земли, леса, луга, кустарники, водно-болотные угодья, водоемы, тундра, искусственные поверхности, непокрытые поверхности, многолетний снег и лед) и показывает динамику их изменения за 2000, 2010 и 2020 гг. Основой для разработки послужили материалы комических снимков Landsat и Chinese HJ-1. Особый интерес вызывают данные о наземном покрове Esri Land Cover с высоким пространственным разрешением 10 метров на основе данных спутниковых снимков Sentinel-2 Европейского космического агентства (ESA). В ее основу положены новые алгоритмы машинного обучения в сотрудничестве Esri с технологической компанией Impact Observatory и корпорацией Microsoft. Легенда классификатора содержит 10 основных типов наземного покрова: 1 – водный покров, 2 – древесный покров, 3 – травянистый покров, 4 – водная растительность, 5 – посевы (сельскохозяйственное покрытие), 6 – кустарниковое покрытие; 7 – застроенные территории; 8 – голые территории, 9 – снег/лед, 10 – облака (не идентифицированные территории из-за постоянного облачного покрова) [Табунщик, Горбунов, 2022].

Обработка данных о типах наземного покрова осуществлялась в программном комплексе ArcGIS. Для оценки изменения площади некоторых типов природопользования также использована методика выделения растительности на основе управляемой классификации мультиспектральных космических снимков Landsat в программном комплексе ArcGIS [Land use classification..., 2018; Analysis of urban..., 2017]. Наличие неиспользуемых земель в пределах Горного Крыма проанализировано с использованием работ И. Глушкова с соавторами [Глушков и др., 2019]. Согласно составленной И. Глушковым с соавторами карты неиспользуемых сельхозземель, для большей части Горного Крыма оценивались территории, которые теоретически могут быть использованы в сельском хозяйстве, однако, сейчас не используемые – пахотные угодья, заброшенные 3-6 последних лет, а также пахотные угодья или безлесные земли (включая пастбища), неиспользуемые как минимум последние 10 лет.

2.4.5. Методика оценки загрязнения атмосферы в бассейнах рек

В качестве исходных данных о содержании в атмосфере различных загрязнителей выступили наборы данных Европейского космического агентства, полученные с миссии спутника Copernicus Sentinel-5 Precursor. Для упрощения процедуры получения данных со

спутника Copernicus Sentinel-5 Precursor (упрощение обработки данных файлов NetCDF) использовалась облачная вычислительная платформа Google Earth Engine (GEE) с помощью которой рассчитывались среднемесячные и среднегодовые значения концентрации диоксида азота, диоксида серы, формальдегида, метана, оксида углерода и значение аэрозольного индекса в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. GEE – это облачная платформа для анализа и обработки крупномасштабных геопространственных данных с использованием вычислительной инфраструктуры Google. GEE предоставляет мощную и гибкую среду для работы с широким спектром данных дистанционного зондирования, спутниковых и других геопространственных наборов данных, включая данные Sentinel-5 Precursor. Одним из ключевых преимуществ использования GEE для геопространственного анализа является его способность эффективно и быстро обрабатывать и анализировать огромные объемы данных без необходимости в дорогостоящем вычислительном оборудовании или программном обеспечении. GEE также предлагает среду для совместной работы, которая позволяет пользователям делиться данными, кодом и результатами анализа с другими.

Для оценки концентрации загрязняющих веществ использовалась коллекция «Sentinel-5P L3» (например, для диоксида азота – ee.ImageCollection ("COPERNICUS/S5P/OFFL/L3_NO2")). Для коллекции в дальнейшем использовались различные методы фильтрации (получение среднегодовых и среднемесячных значений) и обработки данных (обрезка по границам исследуемого района) и дальнейший анализ полученного растров значений загрязняющих веществ. В дальнейшем полученные данные сохранялись с использованием Google Drive. Визуализация географических карт выполнена с использованием программного комплекса ArcGIS. Это объясняется тем, что программный комплекс ArcGIS представляет более широкие возможности для визуализации получаемых данных [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

Для учета совместного воздействия всех загрязнителей используется модифицированный показатель комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) [Таловская, 2014], который рассчитывается по формуле:

$$\text{КИЗА} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{F_i} \right)^c \quad (2.20)$$

где i - примесь;

q_i – среднегодовая концентрация примеси;

F_i – соответствующая среднесуточная предельно допустимая концентрация;

c – константа, принимающая значения ($c = 1,7$ (I класс опасности вещества загрязнителя); $c = 1,3$ (II класс опасности вещества загрязнителя); $c = 1,0$ (III класс опасности вещества загрязнителя); $c = 0,9$ (IV класс опасности вещества загрязнителя);

n – число примесей [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

Данные об общем количестве выбросов в пределах исследуемого района и близлежащих населенных пунктах в результате полевого мониторинга были получены из официальных статистических справочников Республики Крым [Доклад..., 2022, Доклад..., 2020] и города Севастополь [Статистический ежегодник..., 2021; Статистический ежегодник..., 2022]. Данные об общем количестве выбросов представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Общее количество выбросов (тыс. тонн) в городах Симферополь, Севастополь, Бахчисарай, Ялта, Алушта, Саки [Статистический ежегодник..., 2021; Статистический ежегодник..., 2022; Доклад..., 2022, Доклад..., 2020].

Город	Год			
	2018	2019	2020	2021
Симферополь	4,229	5,986	7,092	7,811
Севастополь	3,034	5,511	6,882	6,665
Бахчисарай	1,732	2,258	2,468	2,52
Ялта	0,314	0,491	0,623	0,61
Саки	0,331	0,775	0,961	2,408
Алушта	0,268	0,414	0,395	0,395

Регрессионный анализ связи выбросов в городах по результатам исследования космических снимков и данных мониторинга выполнен с использованием программных комплексов R Studio и Microsoft Excel [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

2.4.6. Методика оценки загрязнения вод в бассейнах рек

Для анализа загрязнения водных объектов в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор использовались литературно-аналитические, полевые методы исследования. Анализ и обработка полученных данных производился с использованием ГИС (ArcGIS, QGIS), а также программного обеспечения для статистической обработки данных – R Studio, Microsoft Excel.

В качестве исходных данных для анализа загрязнения воды рек и водных объектов в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор использовались материалы [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Схема комплексного использования ..., 2022; Тимченко, 2002]. Частично данные получены в результате полевых исследований.

2.4.7. Методика оценки проявления эрозии и потери почв в бассейнах рек

Современные ГИС позволяют производить оценку развития эрозии. Для этого в основном используются ЦМР, полученные как путем оцифровки бумажных топографических карт, так и дистанционно – с использованием спутников. Для оценки развития мощности линейной эрозии применяется формула индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI). Индекс мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) рассчитывается по формуле [Готов, 2013; Wilson, Gallant, 2000]:

$$SPI = A * \tan(\beta) \quad (2.21)$$

где A – удельная водосборная площадь,

β – угол наклона земной поверхности [Табунщик, 2021].

При работе с полученной картой наклона поверхности часто существует необходимость, применять обрезку полученных картографических материалов для той или иной территории и в дальнейшем производить ее анализ [Табунщик, 2020]. ГИС позволяют производить обрезку растра по маске, заданной в формате шейп-файла (*.shp). Однако, как показало исследование программные комплексы ArcGIS и Quantum GIS используют для обрезки по маске используют разные алгоритмы в связи с чем на выходе получаются данные, ненамного отличающиеся друг от друга.

Модель оценки эрозии RUSLE представляет собой инструмент, разработанный для оценки потерь почвы вследствие эрозии в различных регионах. Эта модель интегрирует различные факторы, влияющие на эрозионные процессы, и позволяет прогнозировать уровень потерь почвы на участках сельскохозяйственных угодий. RUSLE широко используется в аграрной индустрии и землепользовании для планирования противоэрозионных мероприятий и управления рисками.

RUSLE – это эмпирическая модель, признанная стандартным методом расчета средних потерь почвы (рис. 2.6). Это одна из самых популярных моделей для оценки средней водной эрозии почвы, и ее легко интегрировать с ГИС и дистанционным зондированием [Evaluation of Soil..., 2023].

$$A = R * K * LS * C * P \quad (2.22)$$

где A – среднегодовой смыв почвы (т/га*год), R – коэффициент эрозионной активности осадков (МДж*мм/га*ч*год), K – коэффициент эрозионной активности (т*ч/МДж*мм), LS – топографический фактор или фактор длинны и крутизны склонов (безразмерный), C – фактор управления растениеводством (безразмерный), а P – фактор природоохранной практики (безразмерный).

Каждый показатель именуется фактором и рассчитывается по своей формуле.

R-фактор учитывает влияние осадков на эрозию. Он оценивает количество и интенсивность осадков, которые могут вызвать поверхностный сток и, следовательно, эрозию. Значение фактора R зависит от гидрологических характеристик местности, таких как суммарный объем осадков, интенсивность осадков, наклон поверхности.

$$R = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{P_i^2}{P_t} \right) \quad (2.23)$$

где P_i – месячное количество осадков, а P_t – годовое количество осадков, выраженное в миллиметрах (мм).

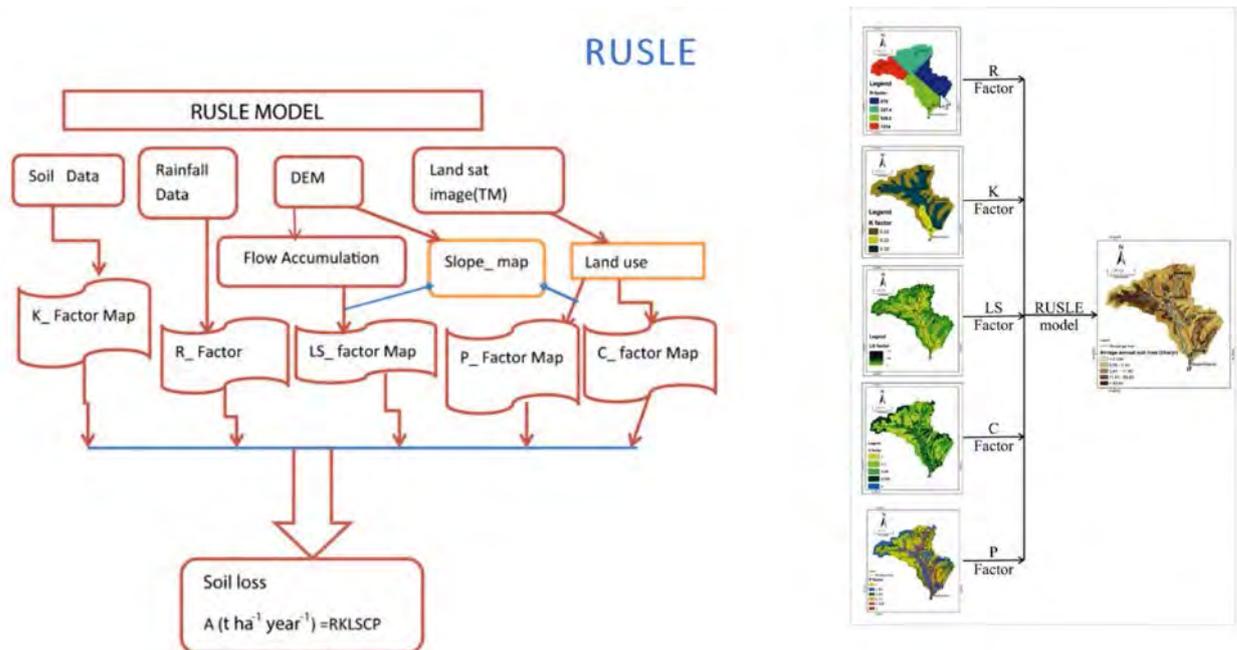


Рис. 2.6 – Графическая интерпретация использования модели RUSLE [Gelagay, Minale, 2016]

K-фактор оценивает склонность почвы к эрозии. Он учитывает физико-химические свойства почвы, такие как содержание глинистых и супесчаных частиц, органическое вещество

и другие параметры. Значение фактора К может варьироваться в широком диапазоне в зависимости от типа почвы. Расчет **К-фактора** по данным SoilGrids выполнялся с использованием уравнений.

$$k_{usle} = f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgC} \times f_{hisand} \quad (2.24)$$

$$k_{RUSLE} = k_{USLE} \times 0,1317 \quad (2.25)$$

$$F_{csand} = [0.2 + 0.3 \times \exp(-0.256 \times m \times (1 - \frac{m_{silt}}{100}))] \quad (2.26)$$

$$f_{cl-si} = (\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}})^{0.3} \quad (2.27)$$

$$f_{orgC} = [1 - \frac{0.25 \times orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 \times rgC]}] \quad (2.28)$$

$$f_{hisand} = (1 - \frac{0.7 \times (1 - \frac{m_s}{100})}{(\frac{m_s}{100}) + \exp[-5.51 + 22.9 \times (1 - \frac{m_s}{100})]}) \quad (2.29)$$

где m_s – % песка; m_{silt} – % ила; m_c – % глины; $orgC$ – доля органического углерода (%).

LS-фактор включает длину склона (L) и крутизну склона (S), которые являются двумя важными факторами, влияющими на эрозию почвы. LS-фактор оценивается в ГИС с использованием ЦМР:

$$LS = (1.4) \times (\frac{Flowacc}{22.13})^{0.4} \times (\frac{\sin\theta}{0.0896})^{1.3} \quad (2.30)$$

где $Flowacc$ – суммарный сток; θ – наклон поверхности в градусах.

С-фактор учитывает влияние покрова и управления землепользованием на эрозию. Растительный покров и эффективные методы управления почвой могут снизить риск эрозии. Значение фактора С зависит от типа почвенного покрова, методов управления почвой и вида растительности. С-фактор оценивается с использованием значения вегетационного индекса NDVI, с использованием следующих формул:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (2.31)$$

$$C = \left(\frac{-NDVI+1}{2} \right) \quad (2.32)$$

где NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED - отражение в красной области спектра [Табунщик и др., 2018].

Модель RUSLE является математическим инструментом, который объединяет эти пять факторов в уравнение, позволяющее оценить уровень эрозии почвы на конкретном участке. Путем анализа этих факторов и использования соответствующих данных, можно прогнозировать и сравнивать эрозионные потери на разных участках, что помогает в принятии решений по управлению земельными ресурсами и разработке эрозионных мероприятий. Модель RUSLE позволяет проводить эффективный мониторинг и оценку потенциальных рисков эрозии, способствуя устойчивому использованию почвы и сохранению ее качества для будущих поколений.

2.4.8. Методика оценки конфликтов природопользования с использованием концепции экологической ниши в бассейнах рек

Мера пресечения экологических ниш выступает количественным показателем проявления конфликта природопользования между исследуемыми видами природопользования в выбранных осях факторного пространства. Применение экологического подхода позволяет рассматривать вид природопользования, сформированный на определенной территории, как систему со своим особым функционированием и конкурирующую с другими системами (видами природопользования, экосистемами, ландшафтами) за различные виды пространства и ресурсов. Конфликт природопользования существует в многомерном пространстве и именно в анализе многомерного пространства и заключается поиск первопричин возникновения или отсутствия конфликтов природопользования [Табунщик, Горбунов, 2023].

Проанализированы основные виды природопользованиям (названия которых рассмотрены в трактовке П.Г. Шищенко [Шищенко, 1988, С. 41]), приуроченные к бассейнам рек северо-западного склона Крымских гор. В качестве операционно-территориальных единиц исследования выбраны пять наиболее крупных бассейнов рек – бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная.

Невозможность разделения функций, которые может выполнять территория в пределах одного и того же речного бассейна приводит к возникновению конфликтов природопользования. В решении этой проблемы предлагается использовать концепцию экологической ниши, согласно

которой – конфликт природопользования может возникнуть только там, где наблюдается перекрытие экологических ниш [Табунщик, Горбунов, 2023].

Концепция экологической ниши, возникшая в начале и завоевавшая признание во второй половине XX века, сначала в биологии и экологии, а затем и в ряде других наук (география, экономика, социология и др.) как в изначальном, так и в переосмысленном виде до сих пор представляет научный интерес для исследователей, так как имеет ряд нерешенных теоретико-методологических и практических вопросов, а также значительные перспективы для дальнейшего развития и междисциплинарной интеграции [Позаченюк, Табунщик, 2015а, 2015b; Табунщик, 2015; Позаченюк, Табунщик, 2017; Горбунов, Табунщик, Андрончик, 2021; Табунщик, Горбунов, 2023].

Об уровне проявления конфликтов в природопользовании в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор можно судить, опираясь на [Автономна Республіка..., 2003]. По [Автономна Республіка..., 2003] составлена карта проявления конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 2.7).

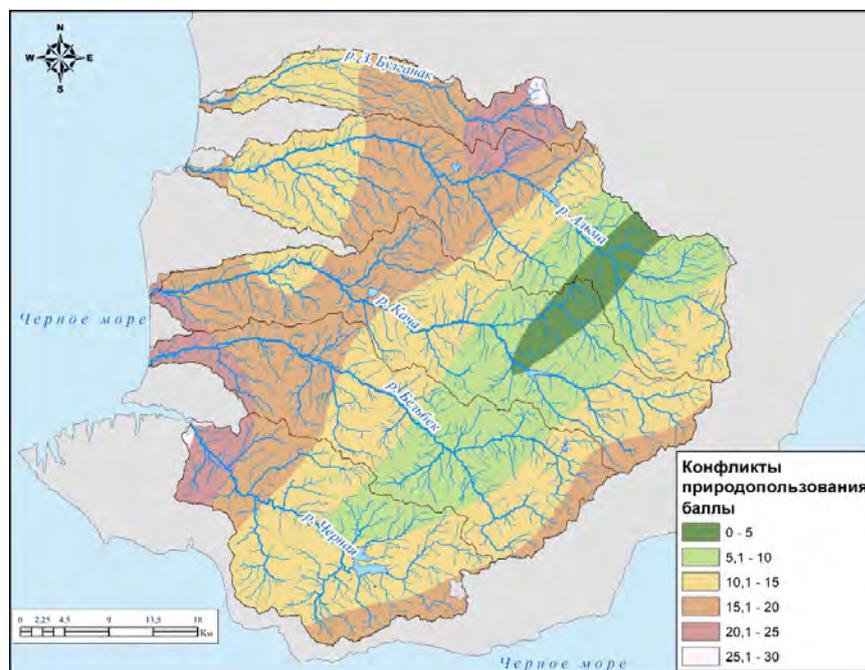


Рис. 2.7 – Проявление конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор (составлено автором по [Автономна Республіка..., 2003])

Однако, наибольший интерес представляет распределение конфликтов природопользования в многомерном пространстве и выявление причин их формирования в зависимости от факторов среды.

Для анализа конфликтов природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор была составлена карта основных видов природопользования, показывающая их распределение в трехмерном географическом пространстве. Стоит также сделать уточнение что в вид использования земель «Луга» мы включали и степные сообщества, не используемые в хозяйственной деятельности и расположенные часто в труднодоступных местах (в том числе и растительные сообщества яйл). Для выявления факторов внешней среды использовались данные об абсолютных высотах [Табунщик и др., 2021], наклоне поверхности [Табунщик, 2021], среднегодовом количестве выпадающих осадков [Spatiotemporal aspects of..., 2020] и среднегодовых температурах воздуха [Change of Air..., 2020].

В многомерном факторном пространстве экологические ниши относительно друг друга могут располагаться: независимо друг от друга, одна ниша может быть включена в другую и ниши могут перекрываться. Количественно степень перекрытия двухмерных ниш можно оценить графически, через отношение площади, на которой ниши пересекаются, к их общей площади на графике. Математически это можно представить в следующем виде [Экологические ниши региональных..., 2021]:

$$\mu_{ij} = \frac{S_x}{S_i + S_j - S_x}, \quad (2.33)$$

где μ_{ij} – мера перекрытия экологических ниш i -го и j -го типов;

S_x – площадь пересечения экологических ниш i -го и j -го типов;

S_i и S_j – площадь экологических ниш i -го и j -го типов [Гродзинський, Свідзінська, 2008, С. 89-90].

Суть формулы сводится к понимаю количественного выражения полного перекрытия и соответственно конфликта природопользования как 1 (или 100%) или частичного перекрытия и наличия конфликта - значения от 0 до 1, а отсутствия перекрытия и соответственно конфликта природопользования – как 0 [Табунщик, Горбунов, 2023].

2.4.9. Методика оценки проявление подтопления и затопления в бассейнах рек

Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор подверженность подтоплению оценивалось с применением методики GIS-АНР и использованием многокритериального анализа в ГИС. В результате получена карта оценки подверженности территории бассейнов рек подтоплению. Методика моделирования проявление подтопления в бассейне реки состоит в последовательной оценке различных составляющих, влияющих на потенциальное проявление

подтопления территории и последующей бальной оценке и составлении результирующей карты. Для оценки подтопления территории были использованы следующие показатели, совместное пространственное сочетание которых легло в основу итоговой карты потенциального подтопления территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

1. **Топографический индекс влажности (Topographic Wetness Index (TWI)).** TWI оценивался следующим образом [Глотов, 2013]:

$$TWI = \ln(\alpha/\tan\beta) \quad (2.34)$$

где α – площадь локального склона, дренируемая через определенную точку на единицу длины контура (удельная водосборная площадь), а $\tan \beta$ – угол наклона земной поверхности.

Расчет значений TWI выполнен с использованием инструмента «Topographic wetness index (twi)» набора инструментов «Terrain Analysis – Hydrologu» панели инструментов SAGA программного комплекса Quantum GIS.

2. **Абсолютная высота местности.** Данные о высоте местности в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор получены из ЦМР Copernicus.

3. **Наклон поверхности.** Наклон поверхности рассчитывался с помощью ЦМР Copernicus и программного комплекса ArcGIS, с использованием инструмента «Уклон» («Slope») группы инструментов «Растровая модель поверхности» набора инструментов «3D Analyst».

4. **Количество выпадающих осадков.** Данные о количестве выпадающих осадков получены из ранее опубликованных работ [Горбунов, 2022; Change of Air..., 2020].

5. **Типы использования земель.** Данные о типах использования земель получены в результате дешифрирования космических снимков высокого разрешения и наборов открытых баз геоданных.

6. **Вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, нормализованный разностный вегетационный индекс)** – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Вычисляется по следующей формуле (2.32). По формуле (2.32), значение каждого пикселя NDVI равно разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

7. **Рассеяние от реки.** Расстояние от реки вычислялось с использованием инструмента «Буффер» группы инструментов «Близость» набора инструментов «Анализ» программного комплекса ArcGIS. Предварительно был создан шейп-файл, содержащий пространственную

информацию о речной сети в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

8. Расстояние от дорог. Расстояние от дорог вычислялось с использованием инструмента «Буффер» группы инструментов «Близость» набора инструментов «Анализ» программного комплекса ArcGIS. Предварительно был создан шейп-файл, содержащий пространственную информацию о сети дорог в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

9. Плотность речной сети. Плотность речной сети в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор вычислялось с использованием инструмента «Плотность линий» группы инструментов «Плотность» набора инструментов «Spatial Analyst» программного комплекса ArcGIS. Предварительно был создан шейп-файл, содержащий пространственную информацию о речной сети в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

10. Типы почв. Пространственное разнообразие типов почв и их характеристики влияющие на подтопление территории оценивались с использованием почвенных карт [Почвенная карта, 1964; Драган, 2003].

Полученные значения классифицировались с использованием разработанных шкал [Flood Susceptibility Mapping..., 2020; Flood Hazard Mapping..., 2017], а затем переводились в растровый формат. Перевод в растровый формат осуществлялся с использованием инструмента «Объекты в растр» группы инструментов «В растр» набора инструментов «Конвертация» программного комплекса ArcGIS. Полученные растры подвергались процедуре переклассификации. Переклассификация производилась с использованием инструмента «Переклассификация» группы инструментов «Переклассификация» набора инструментов «Spatial Analyst» программного комплекса ArcGIS.

2.4.10. Методика оценки изменения растительного покрова в пределах бассейнов рек

Для оценки изменения растительного покрова и его тенденций в пределах речного бассейна использованы расчеты вегетационного индекса NDVI.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, нормализованный разностный вегетационный индекс) – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова. Может принимать значения от -1 до $+1$ [Preprocessing transformations and..., 1969; Monitoring vegetation systems..., 1973; NDVI – теория..., 2018]. Для густой растительности значения NDVI составляют 0,7;

разреженной растительности – 0,5; открытой почвы 0,025; воды – (- 0,25); искусственных материалов – (-0,5). Вычисляется по формуле (2.31), а значение каждого пикселя NDVI равно разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей [Табунщик и др., 2019].

Если ранее в большинстве исследовательских работ использовались расчет значений вегетационного индекса NDVI по космическим снимкам с необходимостью скачивать их и производить вычисления, то сейчас этот процесс во многом автоматизируется с использованием Google Earth Engine (рис. 2.8).

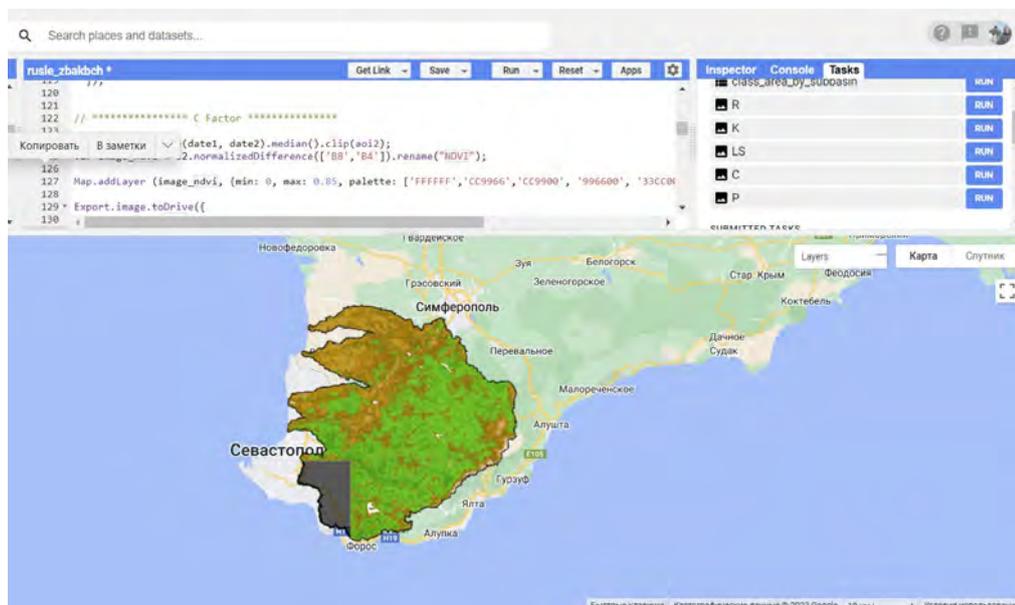


Рис. 2.8 – Расчет вегетационного индекса NDVI с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Изменение трендов значений NDVI в пределах Юго-Восточного Крыма анализируется для всей исследуемой территории и для каждой ячейки раstra значений NDVI. Для оценки изменения трендов активно применяется модель линейной регрессии [Spatiotemporal Variation of NDVI, 2022; Spatial pattern and..., 2022]. Оценка изменений значений NDVI со временем производится по формуле

$$Slope = \frac{n * NDVI_i * \sum_{i=1}^n i - \sum_{i=1}^n i * \sum_{i=1}^n i}{n * \sum_{i=1}^n i^2 - (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (2.35)$$

где, i – год; n – количество лет наблюдения за изучаемым явлением; $NDVI_i$ – значение NDVI за i год.

Отрицательные значения наклона NDVI указывают на то, что со временем значения NDVI уменьшаются, а положительные значения наклона NDVI – на то, что со временем значения NDVI увеличиваются. Дополнительно, в программном комплексе R Studio проводилась оценка р-уровней значимости.

Для оценки стратегий развития лесных экосистем, был рассчитан индекс Херста, который дает возможность прогнозирования тенденции эволюции изменения временных рядов, и это эффективный метод выявления долгосрочной зависимости временных рядов [Monitoring Vegetation Change..., 2021]. Подробное описание использования и расчетов индекса Херста показаны в работах [Monitoring Vegetation Change..., 2021; Spatiotemporal Variation..., 2022; Spatial Pattern and..., 2022]. Для упрощения расчетов, оценка индекса Херста проводилась с использованием программного комплекса R Studio для каждого пикселя растра в пределах исследуемого региона. Данные о значениях из растра получены с использованием программного комплекса Quantum GIS. Значение индекса Херста играет важную роль в определении будущей тенденции NDVI. Если значение индекса Херста находится в диапазоне от 0,5 до 1, это указывает на то, что будущая тенденция изменения NDVI будет схожа с прошлыми наблюдаемыми тенденциями. Более высокие значения индекса Херста свидетельствуют о более устойчивой природе будущих изменений в NDVI. Это означает, что регион сохранит преобладающую тенденцию развития NDVI и в будущем. С другой стороны, когда значение индекса Херста находится в диапазоне от 0 до 0,5, это указывает на то, что будущая тенденция изменения NDVI будет противоположна прошлой тенденции. Чем ближе значение индекса Херста к 0, тем большей антиустойчивостью будут характеризоваться будущие изменения NDVI. Это означает, что регион может ожидать обратного движения в развитии растительности, относительно прошлых наблюдаемых трендов. Стратегии будущего развития растительности и прогнозирование их изменения строятся на совместном использовании данных о значениях индекса Херста и изменения трендов NDVI (таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Критерии оценки будущего изменения NDVI на основе расчета значений индекса Херста и изменения трендов NDVI [Spatiotemporal Variation of NDVI..., 2022]

Тенденция изменения	Устойчивость	Прогнозирование тенденции устойчивости
Slope > 0	Индекс Херста > 0.6	Постоянное улучшение
Slope < 0	Индекс Херста < 0.4	От деградации к улучшению
Slope > 0	Индекс Херста < 0.4	От улучшения к деградации
Slope < 0	Индекс Херста > 0.6	Непрерывная деградация
Slope > 0	$0.4 \leq$ Индекс Херста < 0.6	Неопределенная
Slope < 0	$0.4 \leq$ Индекс Херста < 0.6	Неопределенная

Для оценки потери лесов в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор использована база данных Global Forest Change [High-Resolution Global Maps..., 2013]. Данные с базы Global Forest Change получены с использованием платформы облачных вычислений Google Earth Engine.

Таким образом использование данных о динамике значений вегетационного индекса NDVI и расчет значений индекса Херста и регрессионного анализа трендов изменений позволяет установить, как изменялся и будет изменяться растительный покров в пределах территории речного бассейна.

2.5. Интегральная методика оценки геоэкологического состояния в пределах речного бассейна

Для проведения геоэкологической оценки состояния речного бассейна предложено использовать интегральную оценку, которая включает в себя все результаты всех ранее описанных методик. Общая схема исследования при этом представлена на рисунке 2.9.

Согласно рисунку 2.9, работа подразделяется на несколько этапов. На первом подготовительном этапе проводится сбор материалов необходимых для исследования и разрабатываются теоретико-методологические основы проведения геоэкологической оценки в пределах речного бассейна.

На втором этапе разрабатывается методика исследования, которая включает в себя собственно методику выделения бассейнов и суббассейнов рек, а также частные методики оценки отдельных критериев геоэкологического состояния.

На третьем этапе анализируются физико-географические факторы и влияние природных сред, а также социально-экономические факторы и их влияние на формирование современного геоэкологического состояния в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

На четвертом этапе происходит оценка геоэкологического состояния территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор с использованием геоинформационных технологий в том числе путем реализации ГИС «Геоэкологическая оценка бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор», которая включает в себя несколько блоков. В первый блок входит выделение границ водосборных бассейнов и суббассейнов, которые в дальнейшем выступают операционно-территориальными единицами исследования. Второй блок включает оценку различных критериев необходимых для проведения интегральной комплексной оценки геоэкологического состояния речного бассейна.

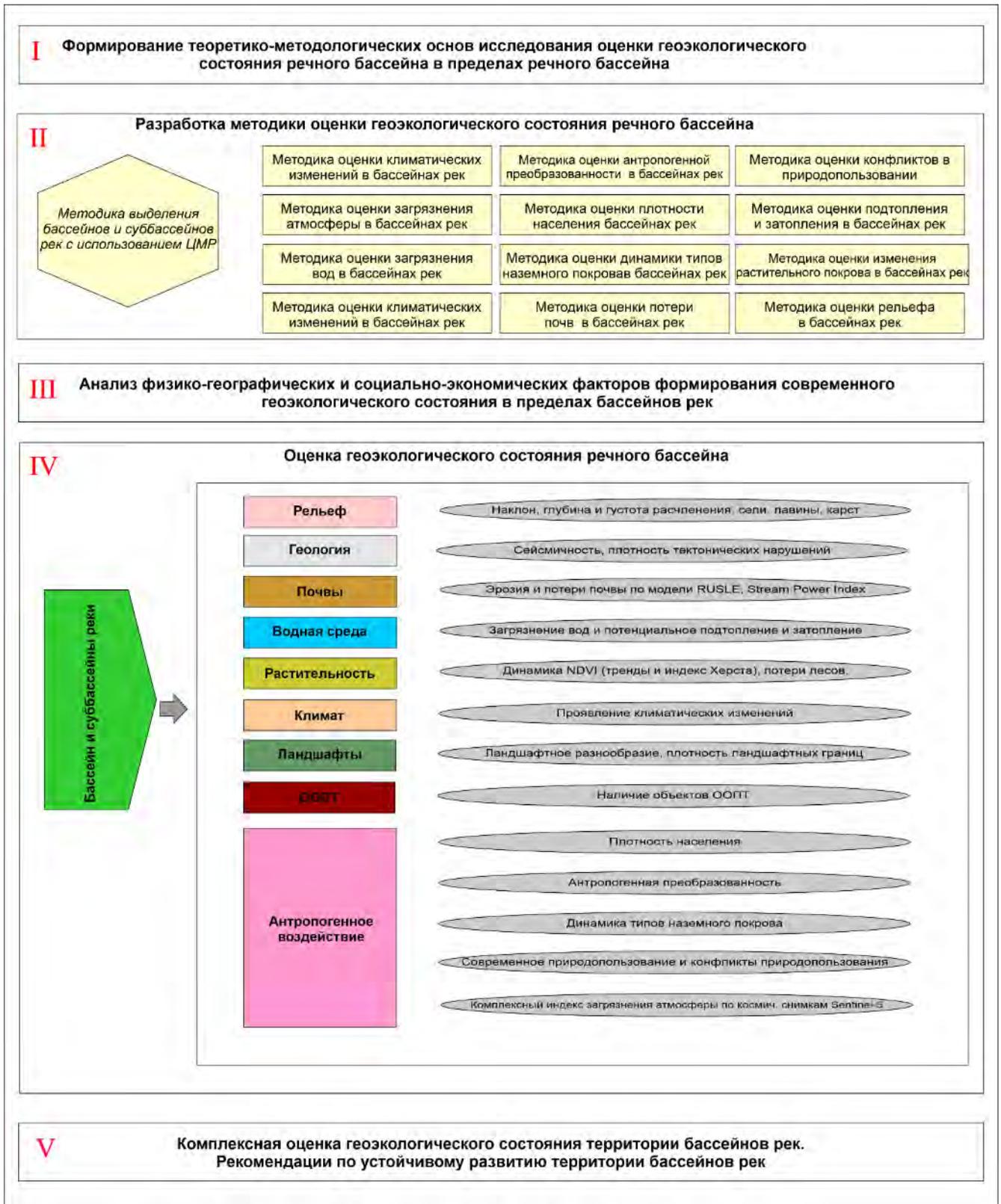


Рис. 2.9 – Общая схема проведения геоэкологической оценки в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Пятый этап исследования включает в себя интеграцию независимых критериев и составление итоговой карты оценки геоэкологического состояния речных бассейнов и

разработку рекомендаций по устойчивому развитию речных бассейнов. Реализация прогнозирования будущего устойчивого развития речных бассейнов будет достигнута путем бассейнового планирования.

Интегральная карта геоэкологической оценки строиться путем переклассификации карт критериев в балльные показатели и их последующей суммации. Для этого используется модуль «Переклассификация раstra» программного комплекса ArcGIS.

Разрабатываемая ГИС «Геоэкологическая оценка бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор» может свободно размещаться в сети Интернет, регулярно обновляясь и улучшаясь, таким образом выполняя функции геопортала. В тоже время использование ГИС, позволяет производить нам различные манипуляции для сбора, анализа и воспроизведения данных поэтому проводя геоэкологическую оценку мы можем оценивать различные факторы с разных сторон и их оценки могут комбинироваться для различных критериальных оценок (для различных целей сельскохозяйственных, градостроительных и пр.). На региональном уровне решение вопросов антропогенного воздействия на речные бассейны и реки требует учета многих факторов. Современный учет этих проблем может быть достигнут путем создания геопортала в котором будут представлены речные бассейны Крымского полуострова и воздействие на них внешних факторов (полей внешних факторов). Геопортал будет включать набор слоев (векторных и растровых) которые будет содержать информация о бассейнах рек, гидрографической сети и ее характеристиках, антропогенной преобразованности, полях климатических факторов, полях загрязнителей и ряде других показателей.

Таким образом для проведения оценки геоэкологического состояния речных бассейнов предполагается использовать комплексную интегральную оценку, которая состоит из нескольких этапов. Первый этап включает сбор материалов и разработку теоретико-методологических основ исследования. На втором этапе разрабатывается ГИС «Геоэкологическая оценка бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор» с несколькими блоками, включающими выделение границ водосборных бассейнов, оценку различных критериев и интеграцию результатов в итоговую карту. Третий этап включает составление итоговой карты оценки геоэкологического состояния и разработки рекомендаций по устойчивому развитию речных бассейнов. Устойчивое развитие речного бассейна должно включать в себя учет как природных, так и хозяйственных аспектов.

Выводы по разделу 2

1. Методика исследования геоэкологической оценки речных бассейнов основана на использовании комплекса различных (традиционных, новых и новейших) методов исследования,

однако на современном этапе основу методического аппарата исследования выступают новейшие методы, включающие использование ГИС. В качестве основных ГИС в исследовании выступали программные комплексы ArcGIS, QGIS и платформа облачных вычислений Google Earth Engine.

2. Разработана методика выделения бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор с использованием ГИС. Уточнены границы водосборных бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная, впервые получены границы суббассейнов в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная. Предложена оценка точности исходных данных (цифровых моделей рельефа) для подбора наиболее оптимальной, при выделении бассейнов и суббассейнов рек.

3. Усовершенствованы и дополнены частные методики оценки различных критериев необходимых при проведении геоэкологической оценки речного бассейна – методика оценки изменения климата в пределах речного бассейна, методика оценки плотности населения речного бассейна, методика оценки динамики типов наземного покрова в пределах речного бассейна, методика оценки загрязнения вод в пределах речного бассейна, методика оценки загрязнения воздуха в пределах речного бассейна, методика оценки потенциального подтопления в пределах речного бассейна, методика оценки потерь почв в пределах речного бассейна.

4. Разработана и предложена методика оценки конфликтов природопользования с использованием концепции экологической ниши, в том числе возможность количественной оценки конфликта природопользования. Показана возможность ее применения к основным видам природопользования в пределах речных бассейнов.

5. Предложен новый подход к анализу антропогенной преобразованности территории речного бассейна основанный на использовании различных расчётных показателей оценки (коэффициента антропогенной преобразованности, индекса антропогенной нарушенности земель и пр.) и кластерного анализа полученных результатов и выделения однотипных районов со схожими показателями антропогенной преобразованности.

6. Составлена схема общей методики исследования геоэкологической оценки с использованием ГИС и предложено создание геопортала «Бассейны рек северо-западного склона Крымских гор», на котором будут собраны актуальные данные о различных характеристиках речных бассейнов северо-западного склона Крымских гор. Показано, что речной бассейн может быть выбран в качестве оптимальной территориальной ячейки для управления природопользованием, ландшафтного и водохозяйственного планирования, расчета оптимальной территориальной структуры использования земель. Планировочные решения должны учитывать оценку благоприятности ситуации в конкретном бассейне и суббассейне реки.

РАЗДЕЛ 3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ПРЕДЕЛАХ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР

3.1. Географическое положение. Позиция.

Территория бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная расположена в юго-западной части Крымского полуострова. Реки берут свое начало в Крымских горах и впадают в Черное море, а их долины прорезают Внутреннюю и Внешнюю гряды Крымских гор. Площадь исследуемой территории составляет примерно 2299 кв. км. Естественными границами бассейнов выступают орографические рубежи.

Граница бассейна реки Западный Булганак проходит по условной линии: Черное море – кург. Ак-Мечеть-Оба – г. Таш-Джарган – г. Кизил-Джар – кург. Хоц-Оба – Черное море и включающей в себя также большое количество вершин без названия, которые являются водоразделами и по которым проходит граница бассейна реки. Наивысшая точка в бассейне реки г. Таш-Джарган (546 м).

Граница бассейна реки Альма простирается вдоль условной линии: Черное море – кург. Хоц-Оба – г. Кизил-Джар – г. Таш-Джарган – г. Гапка – г. Голый Шпиль – г. Домчи-Кая – хр. Чатыр-Даг – г. Эклизи-Бурун – хр. Узун-Алан – г. Агыс-Хыр – хр. Конёк – Чучельский перевал – г. Большая Чучель – г. Бешуй-Шор – г. Колар – г. Япалах – г. Халаклы-Таш – хр. Славенский – г. Темир-Ат – г. Токау – г. Чипчи-Бойну – г. Кычки-Тепе – г. Кугкльник – г. Кыхчи-Бурну – г. Гайтан-Топе – возв. Длинная Гора – г. Аных-Сырт – г. Чубоекая – г. Казан-Таш – Черное море. Наивысшая точка в бассейне реки г. Эклизи-Бурун (1527 м).

Граница бассейна реки Кача проходит по условной линии: Черное море – возв. Сырт – г. Сююр-Бурун – г. Чубоекая – г. Аных-Сырт – возв. Длинная Гора – г. Гайтан-Топе – г. Кыхчи-Бурну – г. Кугкльник – г. Кычки-Тепе – г. Чипчи-Бойну – г. Токау – г. Темир-Ат – хр. Славенский – г. Халаклы-Таш – г. Япалах – г. Колар – г. Бешуй-Шор – г. Большая Чучель – Чучельский перевал – г. Бойнус-Тепе – г. Роман-Кош – г. Тас-Тепе – перевал Гурзуфское Седло – г. Демир-Капу – г. Джунын-Кеш – г. Джады-Бурун – г. Оксек-Бурун – г. Балабанын-Хыры – г. Хоянчих – г. Хойлар-Хыр – г. Стар-Баир – г. Дорт-Тепе – хр. Хошлаг – хр. Окуркалар – г. Коль-Бурун – г. Чуку – г. Альбатская – г. Чутхырган – хр. Чнган-Тау – г. Касли-Баш – г. Топчи – г. Пугу-Кая – г. Таш-Казан – возв. Кара-Тау – возв. Кызыл-Баир – Черное море. Наивысшая точка в бассейне реки г. Роман-Кош (1545 м).

Границу бассейна реки Бельбек можно провести по линии: Черное море – возв. Кара-Тау – Таш-Казан – г. Пугу-Кая – г. Топчи – г. Касли-Баш – хр. Чнган-Тау – г. Чутхырган – г.

Альбатская – г. Чуку – г. Коль-Бурун – хр. Окуркалар – хр. Хошлаг – г. Дорт-Тепе – г. Стар-Баир – г. Хойлар-Хыр – г. Хоянчих – г. Балабанын-Хыры – г. Оксек-Бурун – г. Джады-Бурун – г. Лапата – г. Кызыл-Кая – г. Эндек – г. Рока – г. Лысая – г. Бедене-Кыр – г. Седан-Кая – г. Куртлез-Богаз – г. Сандык-Кая – хр. Кордон-Баир – г. Отарья-Каясы – г. Кая-Баш – возв. Канды – г. Шулдан-Кая – г. Ташлык – возв. Мекензиевы горы – г. Трапедия – Черное море. Наивысшая точка в бассейне реки г. Джады-Бурун (1422 м).

Граница бассейна реки Черная простирается вдоль условной линии: Черное море – г. Кара-Коба – г. Ташлык – г. Шулдан-Кая – возв. Канды – г. Кая-Баш – г. Отарья-Каясы – хр. Кордон-Баир – г. Сандык-Кая – г. Куртлез-Богаз – г. Седан-Кая – г. Сахарка – г. Балчик-Кая – г. Мердвен-Кая – г. Куба-Кая – г. Кильсе-Бурун – г. Хуба-Хоя – пер. Байдарские ворота – г. Форос – г. Челеби-Яурн-Бели – хр. Фороз-Богаз – хр. Донгуз-Орун – хр. Кокия-Бель – хр. Биллер – г. Калафатлар – г. Манрамале – ск. Каю – Камара-Исар – Семьякины высоты – Сапун гора – Черное море. Наивысшая точка в бассейне реки г. Вилля-Бурун (1126 м).

На северо-востоке исследуемая территория граничит с бассейном реки Салгир, на юге, востоке и юго-западе с мелкими водосборными бассейнами рек южного склона Крымских гор. На западе граничит с мелкими бассейнами речных долин и овражно-балочной сети впадшими в Черное море, а на севере – с бассейнами рек Равнинного Крыма.

Через исследуемую территорию проходят крупные элементы транспортной сети Крымского полуострова – автомобильная трасса Таврида и железная дорога Симферополь-Севастополь. Здесь расположены крупные города – Севастополь, Бахчисарай и частично Симферополь.

В административном разрезе территория бассейнов Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная относится к территории Республики Крым – 78,4% и территории города федерального значения Севастополь – 21,6%. В том числе нужно учитывать, что в пределах Республики Крым на территорию Бахчисарайского района Республики Крым приходится 63,43% от общей площади бассейнов Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная, Симферопольского района Республики Крым – 11,01%, городского округа Алушта Республики Крым – 2,77%, городского округа Ялта Республики Крым – 0,17%, городского округа Симферополь Республики Крым – 0,01%.

Пространственное распределение территории каждого из рассматриваемых бассейнов в разрезе административно-территориальных единиц, представленных на территории Крымского полуострова, показано в таблице 3.1. Географическое положение бассейнов рассматриваемых рек представлено на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Распределение площади бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная

Бассейн реки	Административно-территориальная единица	Площадь (от общей площади территории речного бассейна)	
		кв. км	%
Западный Булганак	Бахчисарайский район	41,43671	23,74
	Симферопольский район	133,1119	76,25
	Городской округ Симферополь	0,029244	0,02
Альма	Бахчисарайский район	527,552	92,02
	Симферопольский район	0,583112	0,10
	Городской округ Ялта	3,64269	0,64
Кача	Симферопольский район	0,583112	0,10
	Городской округ Ялта	3,64269	0,64
	Симферопольский район	119,4739	18,91
	Севастополь	39,01288	6,80
	Городской округ Алушта	2,51136	0,44
Бельбек	Севастополь	100,4731	20,46
	Бахчисарайский район	390,332	79,48
	Городской округ Ялта	0,287406	0,06
Черная	Севастополь	357,079	83,42
	Бахчисарайский район	70,91633	16,57
	Городской округ Ялта	0,011293	0,01

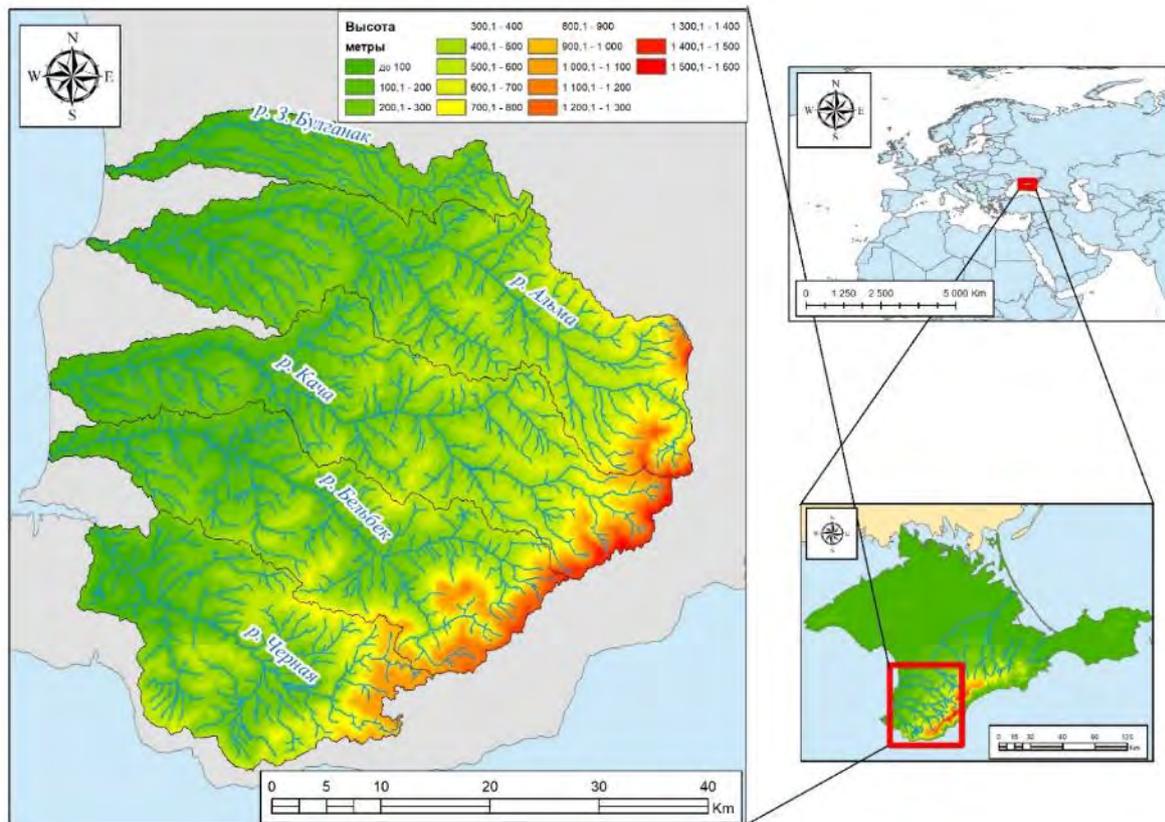


Рис. 3.1 – Географическое положение бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная.

В распределении территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор также важно отметить населенных пункты, приуроченные к рассматриваемым бассейнам рек (рис. 3.2).

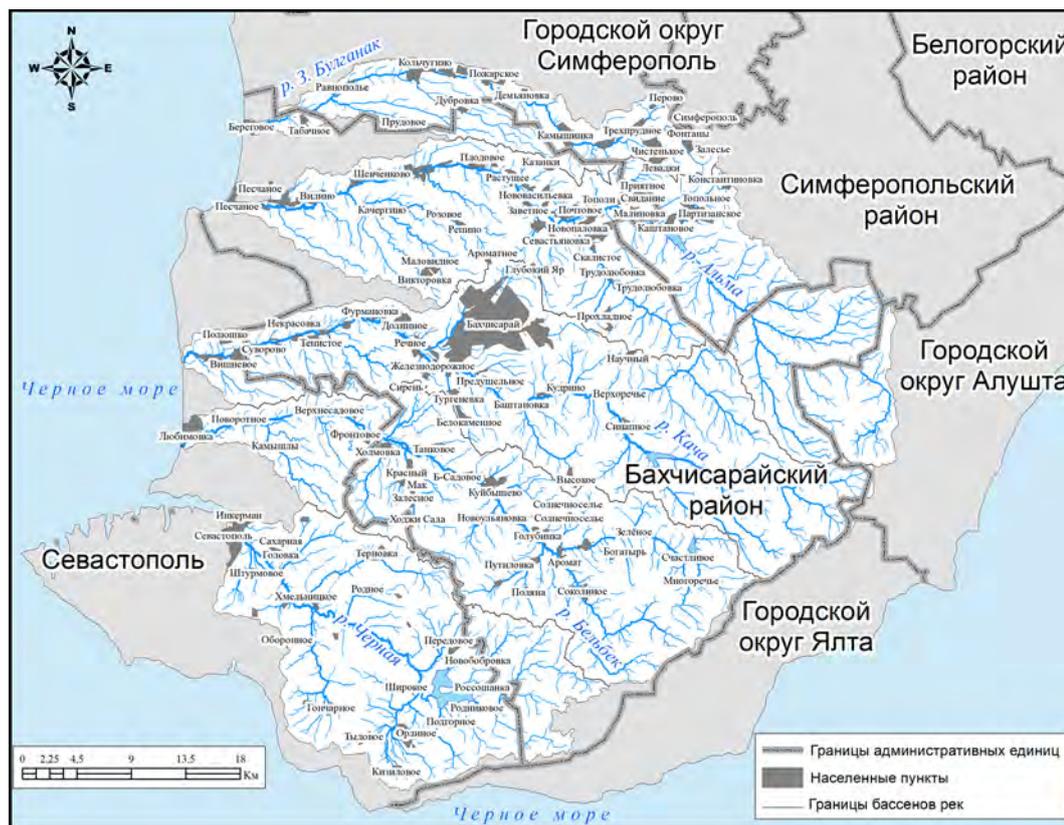


Рис. 3.2 – Географическое положение населенных пунктов в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная в разрезе административно-территориальных единиц

Как видно из рисунка 3.2. наибольшее количество населенных пунктов приурочено к долинам основных рек и их крупных притоков. В тоже время на рисунке 3.2 и в таблице 3.2 отчётливо видны пространственные диспропорции такого размещения.

Таблица 3.2 – Распределение населенных пунктов в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная в разрезе административно-территориальных единиц

Бассейн реки	Административно-территориальная единица	Населенные пункты
Западный Булганак	Бахчисарайский район	Казанки; Береговое; Табачное
	Симферопольский район	Труdolюбовка; Залесье; Прудовое; Трехпрудное; Молочное; Демьяновка; Равнополье; Лекарственное; Водное; Пожарское; Камышинка; Кольчугино; Дубровка; Перово; Левадки; Чистенькое; Фонтаны

	Городской округ Симферополь	Симферополь
Альма	Бахчисарайский район	Прохладное; Глубокий Яр; Викторовка; Ароматное; Репино; Розовое; Качергино; Отрадное; Шевченково; Казанки; Дорожное; Заветное; Зубакино; Рассадное; Вилино; Приятное Свидание; Новопаловка; Самохвалово; Малиновка; Тополи; Почтовое; Нововасильевка; Стальное; Плодовое; Каштаны; Растущее; Трудолюбовка; Песчаное; Брянское; Новопаловка; Севастьяновка; Скалистое; Трудолюбовка; Научный; Маловидное
	Симферопольский район	Топольное; Константиновка; Кизиловка; Партизанское; Каштановое; Левадки
	Городской округ Ялта	-
Кача	Городской округ Алушта	-
	Бахчисарайский район	Синапное; Баштановка; Белокаменное; Машино; Верхоречье; Тургеневка; Кудрино; Сирень; Дачное; Суворово; Речное; Новенькое; Красная Заря; Долинное; Фурмановка; Глубокий Яр; Ароматное; Железнодорожное; Тенистое; Мостовое; Айвовое; Высокое; Некрасовка; Предущельное; Научный; Бахчисарай
	Симферопольский район	-
	Севастополь	Вишнево Полюшко
	Городской округ Алушта	-
Бельбек	Севастополь	Верхнесадовое; Пироговка; Фронтное; Любимовка; Поворотное; Камышлы
	Бахчисарайский район	Поляна; Многогоречье; Богатое Ущелье; Путиловка; Счастливое; Новополе; Нагорное; Богатырь; Новоульяновка; Залесное; Б-Садовое; М-Садовое; Красный Мак; Холмовка; Сирень; Нижняя Голубинка; Танковое; Ходжи Сала; Соколиное; Высокое; Куйбышево; Плотинное; Аромат; Голубинка; Солнечноселье; Зелёное
	Городской округ Ялта	-
Черная	Севастополь	Терновка; Хмельницкое; Сахарная Головка; Родное; Штурмовое; Хмельницкое; Оборонное; Севастополь; Морозовка; Резервное; Тыловое; Орлиное; Широкое; Озерное; Передовое; Новобобровка; Родниковое; Подгорное; Колхозное; Россошанка; Гончарное; Инкерман; Кизиловое
	Бахчисарайский район	-
	Городской округ Ялта	-

Несмотря, на то, что по площадному анализу бассейны рек могут располагаться в нескольких районах Республики Крым, населенные пункты в этих районах не развиты. Это

связано в первую очередь с физико-географическими особенностями изучаемых бассейнов рек – высокая лесистость в верховьях рек, наличие ООПТ, сложный рельеф и пр. факторы. Анализ административно-территориальных единиц в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор показывает, что наблюдается практически полное соответствие в плане соотношения населенных пунктов, расположенных в бассейне реки Черная – городу федерального значения Севастополь и населенных пунктов, расположенных в бассейне реки Бельбек – Бахчисарайскому району Республики Крым.

Бассейны рек северо-западного склона Крымских гор территориально расположены между двумя крупными агломерациями Крымского полуострова – городом Симферополь и его населенными пунктами спутниками на северо-востоке и Севастополем с его населенными пунктами спутниками на юго-западе, между которыми простирается крупная автомобильная магистраль – трасса Таврида и железнодорожная линия.

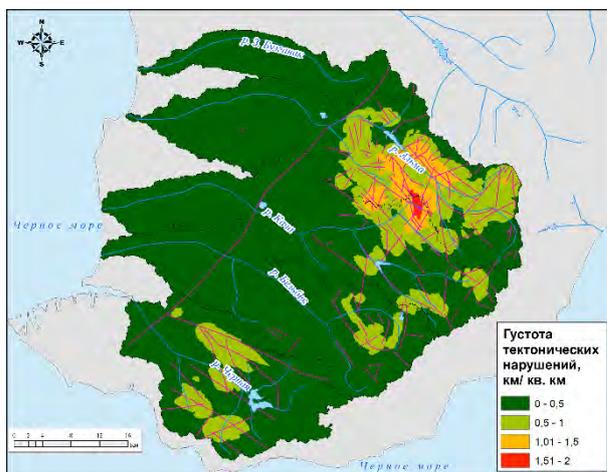
3.2. Геологическое строение и рельеф

Согласно геологической карте Горного Крыма [Геологическая карта..., 1984], которая, стоит отметить, не полностью покрывает исследуемую территорию в низовьях бассейнов рек Западный Булганак и Альма, наблюдается простираение основных типов отложений с юго-запада на северо-восток, которое нарушается только в верхних частях бассейнов. В тоже время отложения сменяют основные типы отложений сменяют друг друга от низовий бассейнов к верховьям в следующем порядке: неогеновые – палеогеновые – меловые – юрские – триасовые – юрские отложения.

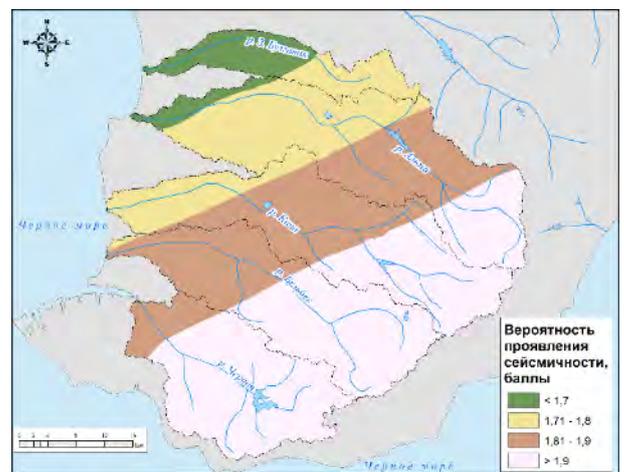
Согласно М.В. Муратову [Муратов, 1960] в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор расположены в пределах Альминской впадины, Качинского антиклинория и синклинория юго-западного Крыма. Бросается в глаза явная неоднородность геологического изучения территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Например, довольно подробно и полно исследован район реки Бодрак [Каюкова, 2016; Березкин, 2005; Мел и палеоген..., 2020].

На основании расчетов, выполненных с использованием карты тектонических нарушений рассчитана густота тектонических нарушений в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор. По данным А.Н. Олиферова [Олиферов, 2009] в большая часть верховьев бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек относится к территориям с потенциальной селевой опасностью. В тоже время отдельные участки в пределах бассейнов рассматриваемых рек относятся к зонам с сильным и слабым проявлением селевой опасности. В верховье реки Кача преобладают дождевой селевой поток в теплый период и водно-крупноглыбовые сели, в

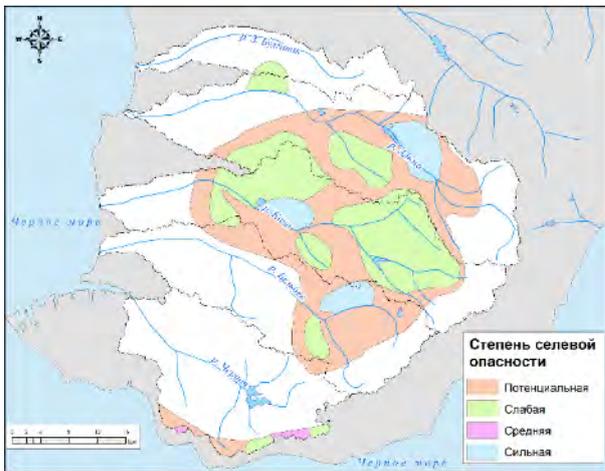
верховьях рек Альма и Бельбек – водно-мелкоглыбовые сели и водно-щебнистые сели. Также район исследования в незначительной степени подвержен лавинной опасности [Боков и др., 2012]. Проявление карста в пределах исследуемой территории оценивалась с помощью карт карстового районирования и карт плотности пещер [Атлас пещер..., 2019; Кадастр карстовых полостей..., 2014]. Территория Крымского полуострова подвержена проявлением сейсмичности [The 2018 version..., 2018; Kossobokov et al., 2018; GIS-Oriented Database on..., 2018]. Однако детальных данных о проявлении наступления сейсмичности в литературе крайне мало. В тоже время существует большое количество работ зарубежных авторов, где приводятся расчеты вероятности проявления сейсмической опасности в различных районах мира, как глобального [Unified Scaling Law..., 2020; Development of a global..., 2020], так и регионального характера [Unified seismic hazard..., 2001; Development of the..., 2020; Akinci, Moschetti, Taroni, 2018]. Но в большинстве европейских региональных моделей сейсмичности территория Крымского полуострова не рассматривается [Unified seismic hazard..., 2001], а в глобальных может отсутствовать вообще [The 2018 version..., 2018], ввиду очевидно малой территории полуострова. В работе [The GSHAP Global..., 2000] приводится карта, на которой показано распределение сейсмичности в баллах для Крымского полуострова. Полученная карта показывает только общую картину распределения сейсмичности, однако может служить ярким представлением о проявлении сейсмичности на территории рассматриваемых бассейнов рек (рис. 3.3). В пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор густота расчленения рельефа изменяется от 3 до 567 м/км [Табунщик, 2020], а густота расчленения рельефа – от 0 до 3,84 км/км² [Табунщик, Петлюкова, 2019] (рис. 3.4).



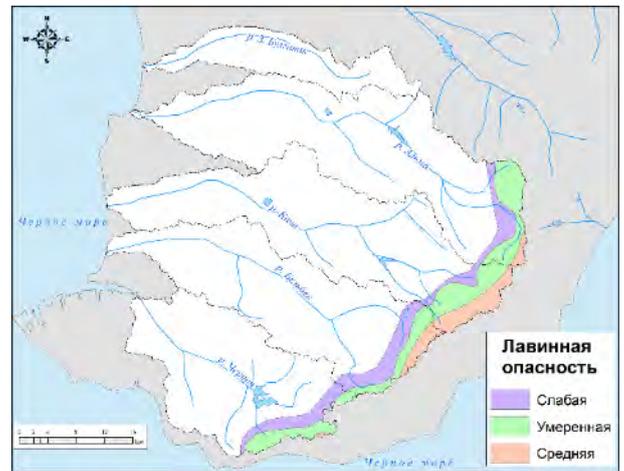
(a)



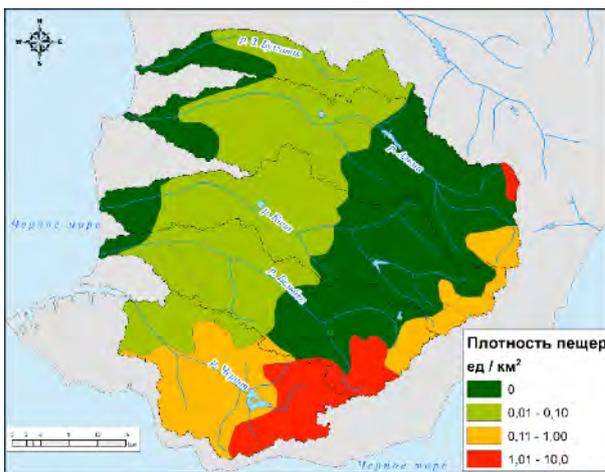
(b)



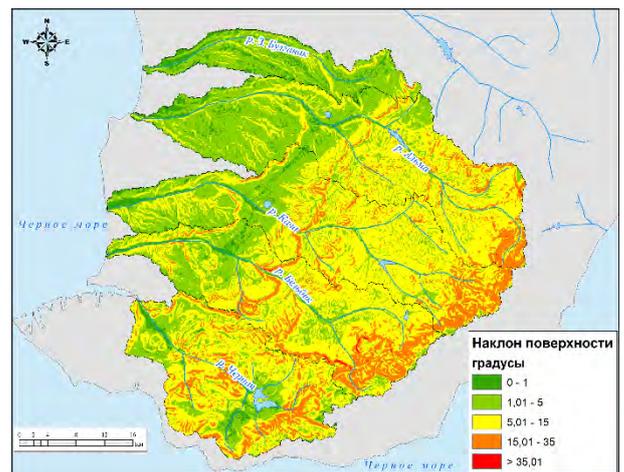
(c)



(d)



(e)



(f)

Рис. 3.3 – Некоторые геологические и геоморфологические характеристики территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (a) густота тектонических нарушений (составлено автором с использованием [Автономна Республіка..., 2003]); (b) возможное проявление сейсмичности (составлено автором с использованием [The GSHAP Global..., 2000]); (c) степень селевой опасности (составлено автором с использованием [Олиферов, 2009]); (d) лавинная опасность (составлено автором с использованием [Боков и др., 2012]); (e) плотность пещер (составлено автором с использованием [Атлас пещер..., 2019; Кадастр карстовых полостей..., 2014]); (f) наклон поверхности.

Если рассмотреть динамику изменения показателей густоты и глубины расчленения рельефа по бассейнам рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная (таблицы 3.3, 3.4), то можно установить некоторые особенности. По показателю глубины расчленения рельефа наименее расчлененной является территория бассейна реки Западный Булганак, причем расчленение территории меньше в 2,5-3 раза чем в остальных бассейнах рассматриваемых рек.

Это создает выгодные предпосылки для использования территории бассейна реки Западный Булганак, по сравнению с другими рассматриваемыми речными бассейнами (в том числе и в сельском хозяйстве, о чем будет подробно сказано в разделе 4). Наиболее глубокорасчлененной является территория бассейна реки Бельбек (среднее значение $169,8 \text{ м/км}^2$), в то время как максимальное абсолютная глубина расчленения характерна для бассейна реки Альма. В целом бассейны рек Альма, Кача, Бельбек, Черная имеют схожие значения показателя глубины расчленения рельефа.

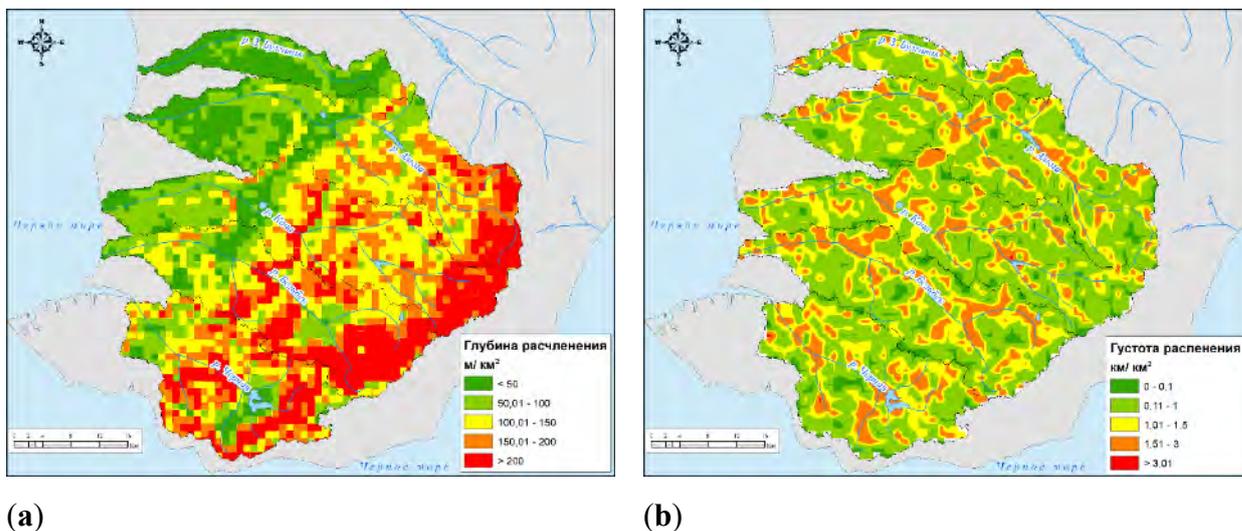


Рис. 3.4 – Расчленение рельефа территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (а) глубина расчленения рельефа [составлено по Табунщик, 2020]; (б) густота расчленения рельефа [составлено по Табунщик, Петлюкова, 2019].

Если рассматривать значения густоты расчленения рельефа в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, то можно отметить, что максимальные средние значения густоты расчленения характерны для бассейнов рек Бельбек и Черная, а минимальное для бассейна реки Западный Булганак. В тоже время максимальные абсолютные значения густоты расчленения рельефа наблюдаются в бассейне реки Кача.

Согласно А. Г. Нарожной [Нарожняя, 2021] в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор выделяет 4-х порядковую бассейновую организацию для рек Альма, Кача, Бельбек и Черная и 3-х порядковую для реки Западный Булганак. В то время как по нашим расчетам долинной и овражно-балочной сети, с использованием ЦМР Sotepnicus, в пределах бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная выделяется 5 порядков водотоков, а в пределах бассейна реки Западный Булганак – водотоки 4-х порядков. В работе [Нарожняя, 2021] А. Г. Нарожняя приводит некоторые морфометрические характеристики бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. В частности, А. Г. Нарожняя [Нарожняя, 2021] указывает что длина эрозионной сети в бассейнах рек Альма, Кача, Бельбек и Черная колеблется от 0,3 до 0,4

км/км², а в бассейне реки Западный Булганак – от 0,4 до 0,5 км/км². Густота овражно-балочной сети в бассейнах рек Альма, Кача, Бельбек и Черная колеблется от 0,6 до 0,7 км/км², а в бассейне реки Западный Булганак – от 0,7 до 0,8 км/км². Как показывают наши расчеты (таблица 3.3, 3.4), эти показатели являются немного заниженными. Вертикальное расчленение рельефа (или глубина расчленения рельефа), по [Нарожняя, 2021], в бассейнах рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная составляет более 500 м/ км. Для бассейна реки Западный Булганак эта цифра вызывает серьезные сомнения и является сильно завышенной.

Таблица 3.3 – Глубина расчленения рельефа территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Бассейн реки	Глубина расчленения рельефа, м/км ²		
	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Западный Булганак	10	175	46,4
Альма	9	567	117,3
Кача	12	519	141,2
Бельбек	16	510	169,8
Черная	3	517	160,3

Таблица 3.4 – Густота расчленения рельефа территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Бассейн реки	Густота расчленения рельефа, км/км ²		
	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Западный Булганак	0	2,47	0,83
Альма	0	3,01	0,88
Кача	0	3,84	0,89
Бельбек	0	3,18	0,96
Черная	0	3,52	0,96

Средняя крутизна склонов в бассейне реки Западный Булганак изменяется от 2,1 до 3,0 градуса, в бассейне реки Альма – от 5,1 до 8,0 градусов, в бассейнах рек Кача и Черная – от 8,1 до 10,0 градусов, а в бассейне реки Бельбек – от 10,1 до 15,0 градусов.

Таким образом, геологические особенности и рельеф накладывают огромное влияние на развитие и освоение территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

3.3. Климат

Роль климатических факторов при геоэкологической оценке также достаточно велика. Б.И. Кочуров с соавторами [Анализ фоновых метеорологических..., 2021, С. 279] указывают, что

метеорологические поля принимают непосредственное участие в формировании геосистемной структуры территории.

В бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор среднегодовая продолжительность солнечного сияния уменьшается с северо-запада на юго-восток. Максимальные значения достигают более 2400 часов в низовьях бассейнов рек Западный Булганак и Альма, а минимальные – менее 2250 часов характерны для среднего и верхнего течения рассматриваемых рек.

В декабре суммарная солнечная радиация составляет более 2,5 ккал/ кв. см, а в верховьях бассейнов Альма, Кача, Бельбек – более 3 ккал/ кв. см. В июле приток суммарной солнечной радиации изменяется от 18,5 ккал/кв. см в низовье бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, до менее чем 17,5 ккал/ кв. см в верховьях бассейнов. В среднем за год в пределах рассматриваемых бассейнов рек поступает более 120 ккал/кв. см солнечной радиации.

Количество поглощенной солнечной радиации изменяется от более чем 105 ккал/кв. см в пределах приустьевых районов рассматриваемых рек, до 100-105 ккал/кв. см на большей части рассматриваемых бассейнов, а эффективное излучение на большей рассматриваемой территории составляет 42-44 ккал/кв. см и только в средней части бассейна реки Альма и верхней части бассейна реки Западный Булганак падает до менее чем 42 ккал/кв. см.

Согласно [Климатический атлас..., 2000], среднегодовая температура воздуха изменяется от 8°C в верховье бассейна реки Бельбек до 11-12°C в приустьевых частях бассейнов рек вдоль границы с Черным морем. Количество выпадающих осадков на исследуемой территории составляет более 1000 мм в год в верховьях Кача, Бельбек и Черная и менее 350 мм в нижнем течении. Коэффициент увлажнения в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор изменяется от менее чем 0,45 на западе в приустьевых районах рек до более чем 0,75 на востоке и юго-востоке (рисунок 3.5).

В тоже время нужно понимать, что поля климатических факторов подвержены пространственно-временной изменчивости. Как показано в ряде работ [Горбунов, 2022; Копопова et al., 2020], для Крымского полуострова большое влияние оказывают циркуляционные процессы, происходящие в Северном полушарии. Более подробно об этом будет сказано в разделе 4.

Таким образом, климат является одним из ведущих факторов который оказывает влияние на гидрологические условия в бассейнах рек, на развитие эрозии в пределах речных бассейнов, на биологическое разнообразие и естественно способствует или не способствует развитию антропогенной деятельности в пределах речного бассейна.

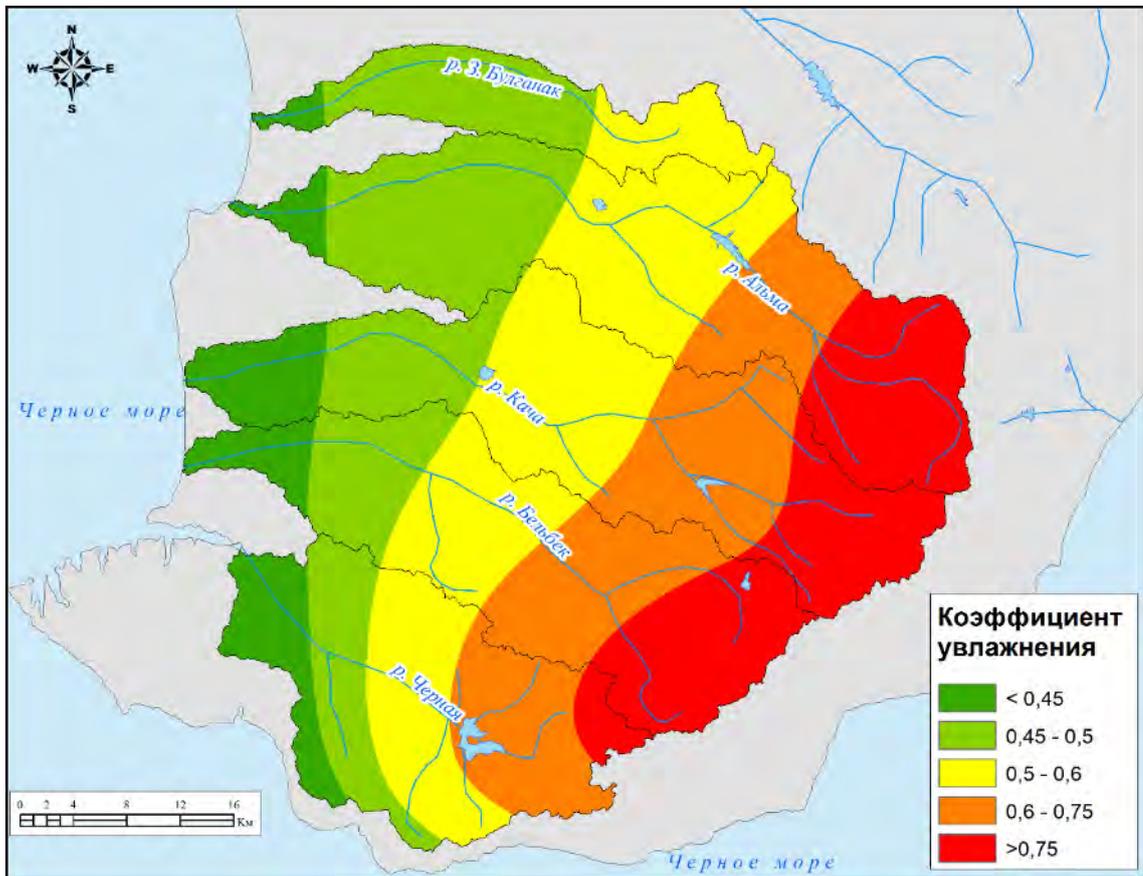


Рис. 3.5 – Коэффициент увлажнения в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (составлено по [Михайлов, 2010])

3.4. Внутренние воды

Несмотря уже на более чем двухвековую историю в гидрологическом изучении территория Крымского полуострова остается еще слабо изученной. Только в конце XX - начале XXI века, начались детальные работы по выделению и описанию бассейнов и суббассейнов рек Крымского полуострова. Однако, на сегодняшний момент это крайне скудные и разобщенные данные. Исследование выделения бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор вносит свой большой вклад в нерешенную историю этого вопроса.

Согласно [Тимченко, 2012], к бассейнам рек северо-западного склона Крымских гор относят 5 крупных рек и их бассейны – Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Помимо этого, как говорится в [Тимченко, 2012], к бассейнам рек северо-западного склона Крымских гор относят еще и ряд более мелких рек, которые не учитываются в данном исследовании. В тоже время существуют и другие классификации рек Крымского полуострова [Волкова, Иванютин, 2022], однако, по нашему мнению, классификация представленная в

[Тимченко, 2012; Олиферов, Тимченко, 2005] и используемая при проведении данного исследования является наиболее полной.

З.В. Тимченко [Тимченко, 2012] указывает, что истоки рек находятся на северо-западных склонах Главной гряды Крымских гор, затем реки текут в западном направлении параллельно друг другу. Примерно до середины своего течения они имеют характер, типичный для горных потоков (кроме реки Западный Булганак). Долины рек в верхнем течении V-образные, узкие, склоны их расчленены многочисленными балками и притоками. Затем реки вступают в зону крымского Предгорья. Пересекая Внутреннюю горную гряду, реки «пропилили» своеобразные долины, так называемые «ворота»: Бельбекские (Албатские), Качинские, Альминские, Таш-Джарган. Река Чёрная образует каньон. Водосборные бассейны имеют вытянутую вдоль реки форму, расширенную в верхней части, являющейся основной областью питания. Здесь впадает наибольшее количество притоков. В среднем и нижнем течениях притоки практически отсутствуют. В меженный (маловодный) период на устьевые участки рек пересыхают [Тимченко, 2012].

Река **Западный Булганак**, самая маловодная в этой группе рек, начинается на склонах Внутренней горной гряды из родников, расположенных северо-восточнее села Фонтаны, и впадает в Каламитский залив Чёрного моря, у села Береговое. Река практически не имеет притоков, за исключением сухих оврагов и балок, наполняющихся водой во время таяния снегов и сильных ливней. Среднегодовой расход воды равен $0,05 \text{ м}^3/\text{с}$, что за год составляет 1,55 млн.м³. [Тимченко, 2012]

Река **Альма**. Исток реки находится на территории Крымского заповедника, в Центральной горной котловине. Река Бабуганка (правый приток Альмы длиной 1,2 км), берущая начало в предгорьях Бабуган-яйлы, сливается с небольшим ручьем Сары-Су (левый приток Альмы длиной 3,8 км). Так начинается река Альма. Одним из истоков Альмы является источник Савлук-Су. Вода по своему химсоставу – гидрокарбонатная, кальциево-магния с минерализацией $0,3 \text{ г/дм}^3$. По своим свойствам относится к лечебно-столовой [Тимченко, 2012].

Река **Кача** начинается она слиянием рек Биюк-Узень и Писара на северном склоне Бабуган-яйлы, под самой высокой горой Роман-Кош. Верховья Качи находятся на территории Крымского заповедника, в зоне высокоствольных буковых лесов. Затем река течет в поясе дубовых лесов, а в средней части и низовьях долина ее представляет сплошной сад. После пересечения Внешней гряды Кача выходит на равнинную местность и затем впадает в Черное море южнее посёлка Кача [Тимченко, 2012].

Река **Бельбек** – наиболее многоводная река Крыма. Среднегодовой расход воды (у с. Фруктовое) равен $2,08 \text{ м}^3/\text{с}$, что составляет 65,5 млн. м³ за год. Верховья реки находятся на северо-западных склонах Главной гряды Крымских гор. Река образуется у села Счастливое (бывш.

Биюк-Озенбаш) слиянием рек Биюк-Узенбаш и Манаготра. Началом Биюк-Узенбаш является мощный карстовый источник. Реки, составляющие верховья Бельбека, являются горными потоками с узким руслом, значительным падением, крутыми высокими берегами. Бельбек, до своего выхода в продольную долину между Главной и Внутренней грядями Крымских гор, представляет собой типичную горную реку. У села Голубинка русло Бельбека, пересекая продольную долину между Главной и Внутренней горными грядями, значительно расширяется (до 40 - 50 метров). В среднем и нижнем течении (от посёлка Куйбышево до устья) река течёт со значительно меньшими, чем в верховьях, уклонами, по широкой V-образной долине. Речная долина сужается лишь при пересечении рекой Внутренней горной гряды, образуя так называемые Бельбекские (Албатские) ворота, в самом узком месте шириной по верху 300 м и глубиной 160 м. В нижнем течении Бельбек прорезает мощные глинистые наносы; река имеет здесь незначительный уклон. Впадает река в Чёрное море, у села Любимовка. Вблизи моря русло похоже на овраг шириною в 25 - 30 м [Тимченко, 2012].

Река **Чёрная** начинается у села Родниковское мощным Скельским источником, расположенным между южными склонами горы Курт-Кая и северными склонами горы Кара-Даг. Этот источник даёт главную часть стока реки, его дебит 40 – 220 л/с. По правому берегу выклинивается ряд источников с дебитом 1,0 – 150 л/с. В засушливые годы часть их пересыхает [Тимченко, 2012].

В пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор норма годового стока малых рек уменьшается с юго-востока на северо-запад с более чем 600 до 3 мм в год [Атлас составляющих..., 1966]. На протяжении сезонов года картина пространственного распределения значений нормы стока малых рек сохраняется – максимальные значения характерны для юго-восточной части исследуемого района, минимальные – для северо-западной, причем распределение значений плавно снижается с юго-востока на северо-запад. Весной значение нормы стока малых рек снижается с юго-востока на северо-запад от 275 мм до 2,5 мм, летом и осенью – от 35 мм до 0,05 мм, а зимой – от 240 мм до 0,5 мм.

И.Н. Павлов [Павлов, 1994, С. 80] указывает на значительную преобразованность бассейна реки Западный Булганак. В частности отмечается, что «в верхнем течении сток реки постоянно разбирается многочисленными водозаборами и копанными прудами, располагающимися вдоль русла, а в среднем и нижнем течении река как таковая отсутствует и представляет собой цепочку заполняемых в период паводков водохранилищ, которые соединяются профилированными земляными каналами с фрагментарным бетонированием стенок и дна». И.Н. Павлов [Павлов, 1994, С. 78] приводит характеристику и указывает, что равнинные русла преобладают в нижнем течении рек Альма, Кача, Бельбек и Черная, а в пределах реки Западный Булганак – в нижнем и среднем течении.

Согласно расчетам, проведенным с использованием программного комплекса ArcGIS [Табунщик, 2021] рассчитана симметричность бассейна относительно реки наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор и результаты представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Симметричность бассейна относительно реки наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор [Табунщик, 2021]

Река	Площадь, кв. км			Симметричность бассейна
	Левая часть	Правая часть	Всего бассейна	
Западный Булганак	121,9	55,2	177,1	0,38
Альма	388,5	253,3	641,8	0,21
Кача	290,1	280,8	570,9	0,02
Бельбек	316,6	175,5	492,1	0,29
Черная	236,4	194,1	430,5	0,10

Анализ таблицы 3.7 показывает, что у самых крупных рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) наблюдается преобладание левой части бассейна над правой. Так, если сравнивать площади, левая часть бассейна реки Западный Булганак превышает правую в 2,2 раза, реки Альма – в 1,53 раза, Кача – в 1,03 раза, Альма – в 1,8 раза, Бельбек – в 1,22 раза. При этом бассейн реки Кача в целом является симметричным относительно реки, а бассейн реки Западный Булганак – наиболее ассиметричен [Табунщик, 2021].

С использованием программного комплекса ArcGIS были размечены поперечники, определены их середины и построена осевая линия бассейна для каждой из рассматриваемых рек. Территориально (рис. 3.7) осевая линия бассейна для рассматриваемых рек не совпадает с руслом самих рек. Длина осевой линии водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 44,3 км, реки Альма – 66,4 км, реки Кача – 68,5 км, реки Бельбек – 57,2 кв. км, реки Черная – 38,8 кв. км. Расчетная ширина водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 4,0 км, реки Альма – 9,7 км, реки Кача – 8,3 км, реки Бельбек – 8,6 кв. км, реки Черная – 11,1 кв. км [Табунщик, 2021].

При этом интересно сравнить длины осей бассейнов с длинами самих рек. Если сравнивать полученные расчетные данные длин рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная с ранее опубликованными статистическими источниками [Поверхностные водные..., 2004], то наблюдается несоответствие данных. Так согласно [Поверхностные водные..., 2004] длина реки Западный Булганак составляет 49 км, а по расчетным данным 49,9 км; реки Альма – 79 км, а по расчетным данным 79,8 км; реки Кача – 64 км, а по расчетным данным 68,9 км; реки Бельбек – 55 км, а по расчетным данным 58,6 км; реки Черная – 35 км, а по расчетным данным 44,8 км [Табунщик, 2021]. Таким образом получается, что расчетные данные длин рек

незначительно, за исключением длинны реки Черная, совпадают с ранее опубликованными. Что касается расчетных длин осей потока бассейнов для каждой из рек то они меньше расчетных длин рек, что подтверждает теоретические установки, заложенные в [Поверхностные водные..., 2004].

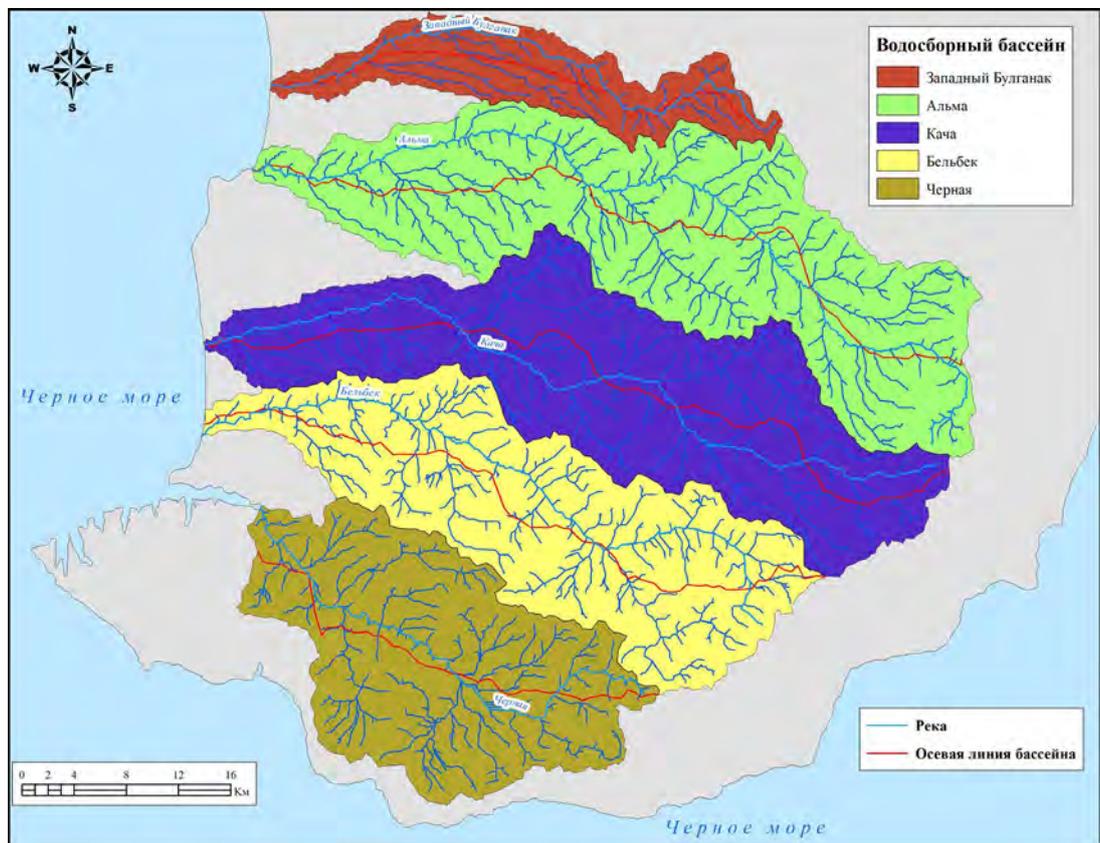


Рис. 3.8 – Положение осевых линий бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) и самих рек (составлено автором).

Конфигурация и изрезанность очертаний бассейна реки Западный Булганак составляет 2,26, реки Альма – 1,94, реки Кача – 1,95, реки Бельбек – 1,77, реки Черная – 1,53. Как видим в общем бассейны рассматриваемых рек имеют схожую конфигурацию. Среди них значительно обособливается только бассейн реки Западный Булганак. При этом длина водораздельной линии в бассейне реки Западный Булганак составляет 106,4 км, реки Альма – 174,1 км, реки Кача – 165,2 км, реки Бельбек – 139,3 км, реки Черная – 112,4 км [Табунщик, 2021].

Согласно расчетным данным и анализу ЦМР в пределах бассейна реки Западный Булганак абсолютные высоты колеблются от 8 до 536 м, в пределах бассейна реки Альма – от 3 до 1493 м, в пределах бассейна реки Кача – от -2 до 1531 м, в пределах бассейна реки Бельбек – от -3 до 1414 м, в пределах бассейна реки Черная – от -4 до 1111 м. Средняя высота водосборного

бассейна реки Западный Булганак составляет 186 м, реки Альма составляет 374 м, реки Кача составляет 404 м, реки Бельбек составляет 418 м, реки Черная составляет 395 м [Табунщик, 2021].

Согласно расчетным данным и анализу ЦМР в пределах бассейна реки Западный Булганак наклон бассейна составляет от 0 до 19,6 градуса, в пределах бассейна реки Альма – от 0 до 42,8 градуса, в пределах бассейна реки Кача – от 0 до 37,4 градуса, в пределах бассейна реки Бельбек – от 0 до 55,8 градуса, в пределах бассейна реки Черная – от 0 до 38,8 градуса. Средняя высота водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 2,7 градуса, реки Альма – 6,8 градуса, реки Кача – 8,2 градуса, реки Бельбек – 9,4 градуса, реки Черная – 9,1 градуса. Наибольшими максимальными наклонами поверхности характеризуются бассейны рек Бельбек (55,8 градуса) и Альма (42,8 градуса), а наименьшими максимальными наклонами поверхности – бассейн реки Западный Булганак (19,6 градуса). Средние значения наклона поверхности колеблются от 2,7 градусов в бассейне реки Западный Булганак до 9,4 градуса в бассейне реки Бельбек [Табунщик, 2021].

D.M. Gray [Gray, 1961] установил эмпирическую зависимость между площадью водосборного бассейна и длиной главного водотока, которая описывается уравнением

$$L = 1,4 * A^{0,568}, \quad (3.1)$$

где L — длина главного водотока; A — площадь бассейна.

Расчеты, выполненные для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор данная эмпирическая закономерность выполняется только для бассейна реки Черной, а для остальных бассейнов полученные значения длин главного водотока значительно меньше: в 2 раза для реки Западный Булганак, в 1,6 раза для бассейна реки Альма, в 1,5 раза для бассейна реки Кача и в 1,3 раза для бассейна реки Бельбек. В тоже время стоит оговорить тот факт, что наибольшее нарушение этой связи характерно для бассейна реки Западный Булганак.

Нами произведен анализ соотношения длины главного водотока и площади водосборного бассейна. Анализ произведен для пяти рассматриваемых бассейнов и для четырех бассейнов, за исключением реки Западный Булганак (рис. 3.10).

Исключение бассейна реки Западный Булганак обусловлено тем, что он значительно выбивается из ряда анализируемых данных из-за его более равнинного рельефа. Для бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек, Черная получено степенное уравнение связи длины главного водотока и площади бассейна, которое представлено в следующем виде ($R^2=0,96$):

$$L = 61,274 * A^{0,5143} \quad (3.2)$$

где L — длина главного водотока; A — площадь бассейна.

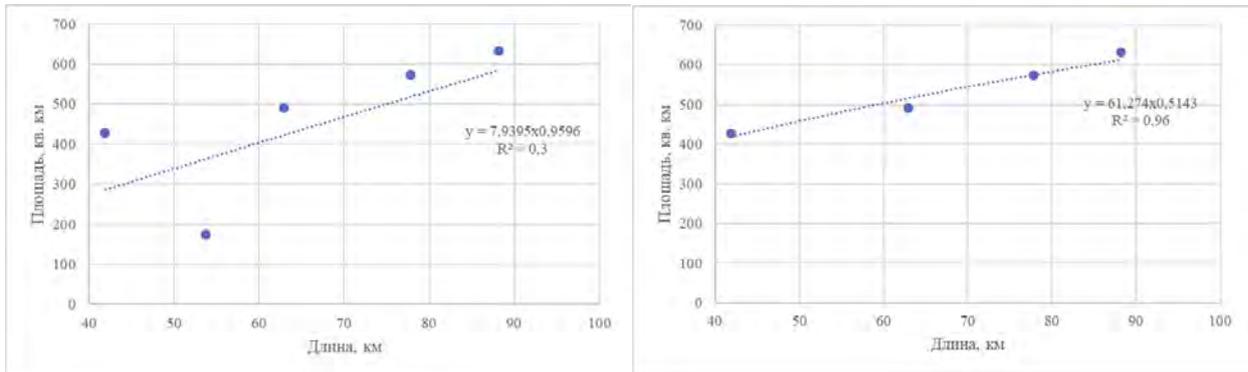


Рис. 3.10 – Зависимость между длиной главного водотока и площадью бассейна для рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная (слева) и Альма, Кача, Бельбек, Черная (справа)

В тоже время проанализировав данные о длине главного водотока и площади бассейна для рек равнинного Крыма и реки Западный Булганак можно утверждать, что по рассматриваемому соотношению река Западный Булганак более тяготеет к рекам Равнинного Крыма или является переходной. Коэффициент R^2 при связи длины главного водотока и площади бассейна для рек Равнинного Крыма и реки Западный Булганак колеблется от 0,8 до 0,9 – при выборе различных уравнений связи.

3.5. Почвы

Почвенный покров в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор довольно разнообразен, в силу наличия высотной поясности, сложного рельефа и микроклиматических особенностей исследуемой территории и ряда других факторов. В тоже время эволюция взглядов на почвенный покров в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор претерпела существенные изменения начиная с XX века.

В пионерных работах по изучению почв Крымского полуострова рассматриваемая территория сложно сопоставима с описываемыми почвами в виду отсутствия картографического или топонимического материала для привязки к местности. Это в первую очередь первые работы Н.Н.Клепинина [Клепинин, 1935].

По В.Н. Иванову [Иванов, 1958], который приводит довольно простое выделение почвенного покрова на территории Крымского полуострова, в пределах бассейнов рек северо-

западного склона Крымских гор выделяются два типа почв – в нижнем и среднем течении – черноземы южные, а в среднем и верхнем течении – бурые горно-лесные почвы. И. Я. Половицкий и П.Г.Гусев [Половицкий, Гусев] в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор указывают на то, что при подъеме от побережья Черного моря к вершинам крымских яйл и при движении с северо-запада на юго-восток можно проследить, что почвенный покров меняется следующим образом: черноземы южные – черноземы карбонатные – коричневые почвы – бурые горные лесные почвы – бурые горные остепненные почвы – горно-луговые почвы.

Наиболее детальное выделение почв и почвенных комплексов на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор представлено на почвенной карте Крымского полуострова, составленной в масштабе 1:200000 [Почвенная карта, 1964]. Однако, данное исследование не содержит данных о почвенном покрове под лесной растительностью, что существенно ограничивает применение этих данных при проведении научных исследований. В тоже время, как видно на рисунке 3.11, эти данные позволяют судить практически о всем почвенном покрове бассейна реки Западный Булганак и о почвенном покрове, расположенном в нижнем течении бассейна рек Альма, Кача и Бельбек.

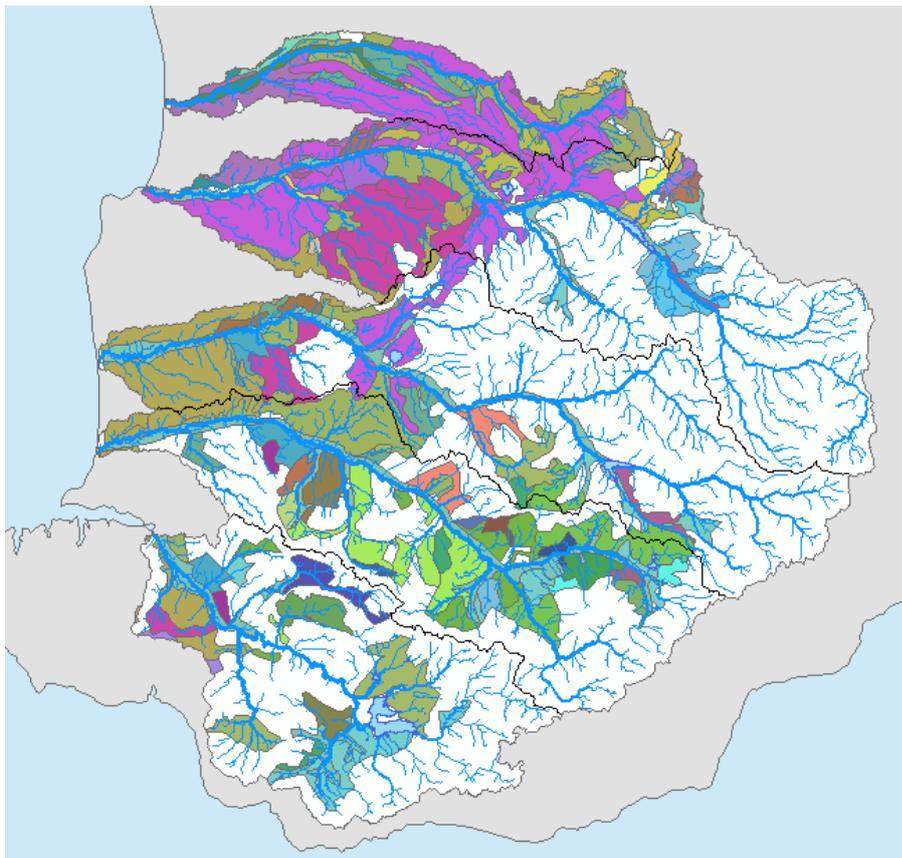


Рис. 3.11 – Покрытие территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор данными о почвенной съемке масштаба 1:200000

В работе [Багрова, Боков, Багров, 2001] приводится также довольно простое выделение почв на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, где выделяются горно-луговые и лугово-степные черноземовидные почвы в верховьях бассейнов рек (за исключение бассейна реки Западный Булганак), бурые горнолесные почвы – в верхнем и частично в среднем течении, а также предгорные черноземы – в нижнем и частично в среднем течении рек Западный Булганак, Альма, Кача и коричневые почвы – в нижнем и частично в среднем течении рек Бельбек и Черная.

В работе [Ресурсы поверхностных..., 1966] говорится, что в пределах рассматриваемой территории почвенный покров сменяется с северо-запада на юго-восток в следующем порядке: предгорные черноземы – коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых луго-степей – дерново-карбонатные почвы – черноземы предгорные выщелоченные на разных породах межрядового понижения – бурые горно-лесные почвы – горно-степные черноземовидные каменистые и горно-луговые черноземовидные почвы, причем в нижнем течении рек Кача, Бельбек и Черная распространены коричневые почвы, а черноземы – выклиниваются, а бассейне реки Западный Булганак горно-степные черноземовидные каменистые и горно-луговые черноземовидные почвы не представлены.

Согласно Н.А. Драган [Драган, 2004] в пределах бассейнов рассматриваемых рек наблюдается дифференциация почвенного покрова в связи с изменением с высотой. В верховьях рек преобладают горные буроземы остепненные и горные бурые лесные почвы и коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых степей. В нижнем течении рек преобладают черноземы южные среднеглинистые и тяжелоглинистые, черноземы остаточного-карбонатные [Драган, 2004]. В долинах рек развиты луговые и черноземно-луговые почвы, а также лугово-черноземные почвы. В тоже время, нужно отметить, что представленные в работе [Драган, 2004] картосхема выполнена внемасштабно и не позволяет с высокой точностью установить границы почв. Более точная картина разнообразия почвенного покрова, выполненная Н.А. Драган, представлена в работе [Драган, 2003] (рис. 3.12). Как видно из рисунка 3.12, визуальнo карта схожа с картосхемой представленной в [Драган, 2004], однако она более точна и достоверна. Наибольшую площадь (1002,8 кв. км) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор занимают бурые горно-лесные почвы, буроземы горные остепненные (305,6 кв. км) и сочетание дерново-карбонатных почв и черноземов остаточного-карбонатных (261,2 кв. км). В таблице 3.8 представлены площади основных типов почвенного покрова в пределах бассейнов рассматриваемых рек.

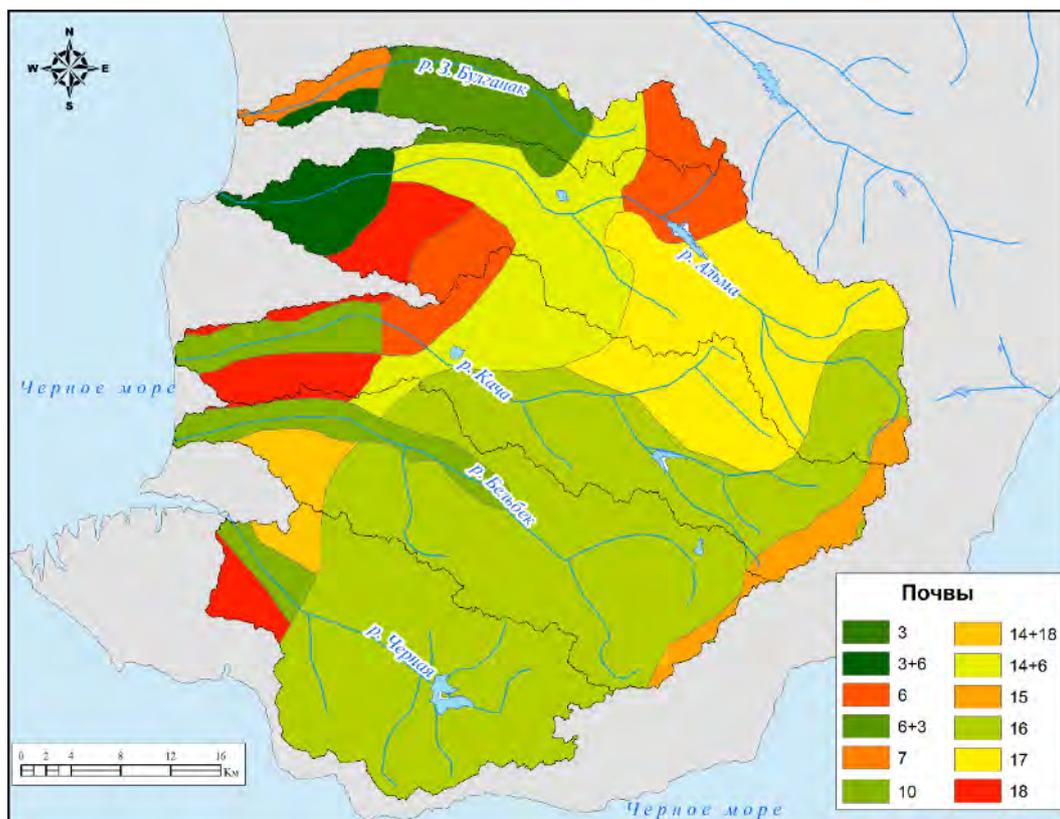


Рис. 3.12 – Почвы в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (составлено по [Драган, 2003], цифрами на карте обозначены: 3. Черноземы южные средне- и тяжелоглинистые (на красно-бурых глинах); 6. Черноземы остаточно-карбонатные; 7. Лугово-черноземные почвы; 10. Луговые и черноземно-луговые почвы; 14. Дерновые карбонатные почвы; 15. Горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные почвы; 16. Бурые горно-лесные почвы; 17. Буруземы горные остепненные; 18. Коричневые горные щебневатые почвы)

Таблица 3.8 – Почвенный покров в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, без учета земель, покрытых водохранилищами и др. водными объектами (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная)

Почвы	Бассейн реки				
	кв. км (% от общей площади бассейна реки)*				
	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Черноземы южные среднеглинистые и тяжелоглинистые (на красно-бурых глинах)	0,5	-			
Черноземы остаточно-карбонатные	25,7	83,6	31,3		
Лугово-черноземные почвы	24,3	-			
Луговые и черноземно-луговые почвы	-		53,0	67,3	25,1
Горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные почвы	-	9,4	32,0	14,3	
Бурые горно-лесные почвы	-	64,7	215,3	365,1	357,7

Продолжение таблицы 3.8

Буроземы горные остепненные	-	205,0	100,6		
Коричневые горные щебневатые почвы	-	45,4	51,2	4,2	23,9
Дерновые карбонатные почвы + Коричневые горные щебневатые почвы	-	-		32,6	17,6
Дерновые карбонатные почвы + Черноземы остаточно-карбонатные	22,9	142,3	88,4	7,6	
Черноземы южные среднеглинистые и тяжелоглинистые (на красно-бурых глинах) + Черноземы остаточно-карбонатные	9,8	64,7			
Черноземы остаточно-карбонатные + Черноземы южные среднеглинистые и тяжелоглинистые (на красно-бурых глинах)	91,5	14,4			

Таким образом мы можем утверждать, что детальная характеристика почвенного покрова территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор отсутствует, а имеющие литературные данные не позволяют в полном объеме судить о разнообразии почв исследуемого региона. В тоже время наличие плодородных почв в нижнем и частично среднем течении бассейнов рассматриваемых рек создает предпосылки для сельскохозяйственного развития территории.

3.6. Растительный и животный мир

Растительный покров в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор характеризуется наличием высотной поясности, характерной в целом для Крымских гор. Согласно [Автономна Республіка..., 2003] в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в самых верховьях исследуемой территории располагаются на небольшой площади горные луговые степи из осоки низкой, типчака скального, бромопсиса каппадокийского, луга и томиляры. Далее вниз по течению рек постепенно сменяются буковые леса в комплексе с грабом и кленом Стевена, скальнодубовые леса в комплексе с грабом и ясенем, редколесья из дуба скального в комплексе с томилярами и саваноидами и пушистодубовые леса. Пушистодубовые леса граничат со степными сообществами и в большинстве случаев с сельскохозяйственными угодьями, которые расположены на месте степей. Самые нижние уровни растительной высотной поясности занимают сельскохозяйственные угодья на месте разнотравно-типчаково-ковыльных степей и пушисто-дубовых лесов предгорий Крымских гор и сельскохозяйственные угодья на месте пушисто-дубовых лесов и ковыльно-типчаковых разнотравных степей. В бассейне реки Черная и бассейне реки Бельбек присутствуют можжевеловые редколесья. В районах населенных пунктов повсеместно располагаются урбанизированные ценозы (рис. 3.13).

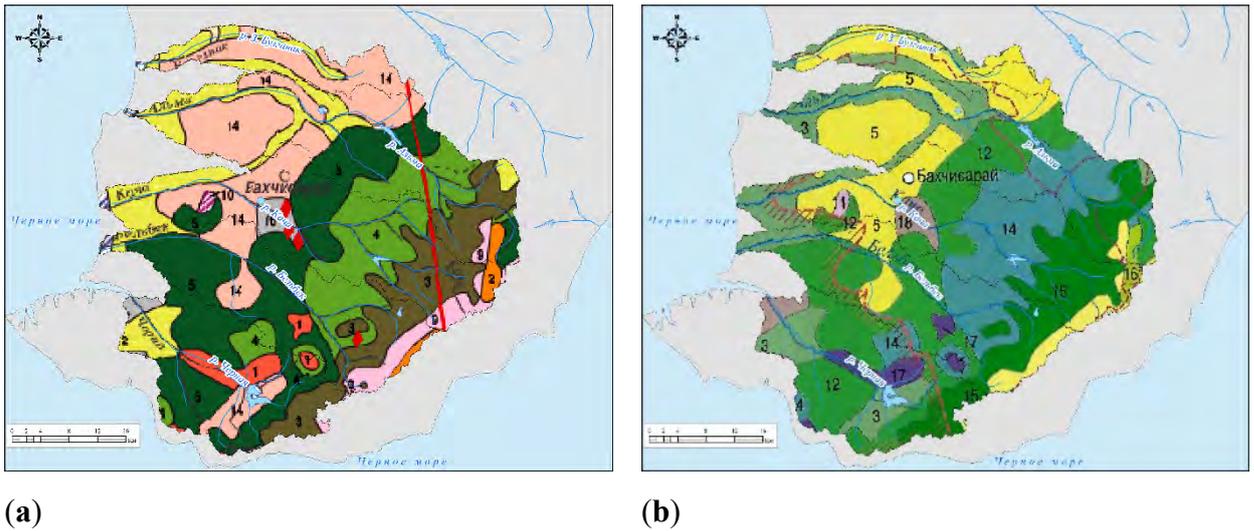


Рис. 3.13 – Растительность бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (а) по [Національний атлас..., 2007]; (б) по [Автономна Республіка..., 2003].

Согласно [Національний атлас..., 2007] наблюдается похожая картина смены высотных поясов в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Наивысшие части бассейнов рек Бельбек и Кача занимают горные луговые степи осоки низкой, овсяницы скальной, костреца каппадокийского, луга и томиляры. В верховье бассейнов рек Альма и Кача присутствуют ареалы лесов из сосны крымской и сосны Коха. Дале по уклону к Черному морю располагается пояс буковых лесов с участием клена Стевена. За ним располагаются скальнодубовые леса с участием грабовых и ясеневых лесов, а еще ниже – пушистодубовые леса и их производные из грабинника. В нижней и частично средней частях бассейнов расположены сельскохозяйственные угодья зерновых, пропашных культур на месте разнотравно-ковыльных степей и пушистодубовых лесов, а еще ниже – сельскохозяйственные угодья зерновых, пропашных культур на месте типчакково-ковыльных степей. В верховьях бассейнов встречаются растительность, приуроченная к меловым обнажениям и растительность обнажений кислых кристаллических пород. В городах, поселках и селах располагаются урбоценозы населенных пунктов (рис. 3.13).

Значительная часть территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор занята лесными сообществами (рис. 3.14). Рисунок 3.14 также показывает распределение лесистости в процентах от общей площади каждого суббассейна реки. Наибольшая лесистость характерна для южной, восточной и юго-восточной частей исследуемой территории. В тоже время на северо-западе лесов практически нет. В [Автономна Республіка..., 2003] отмечается, что на рассматриваемой территории наблюдается большое количество уязвимых и

уникальных видов растительности и видов животных. В пределах исследуемой территории характерна высокая плотность редких животных – от 44 до 88 видов / кв. км.

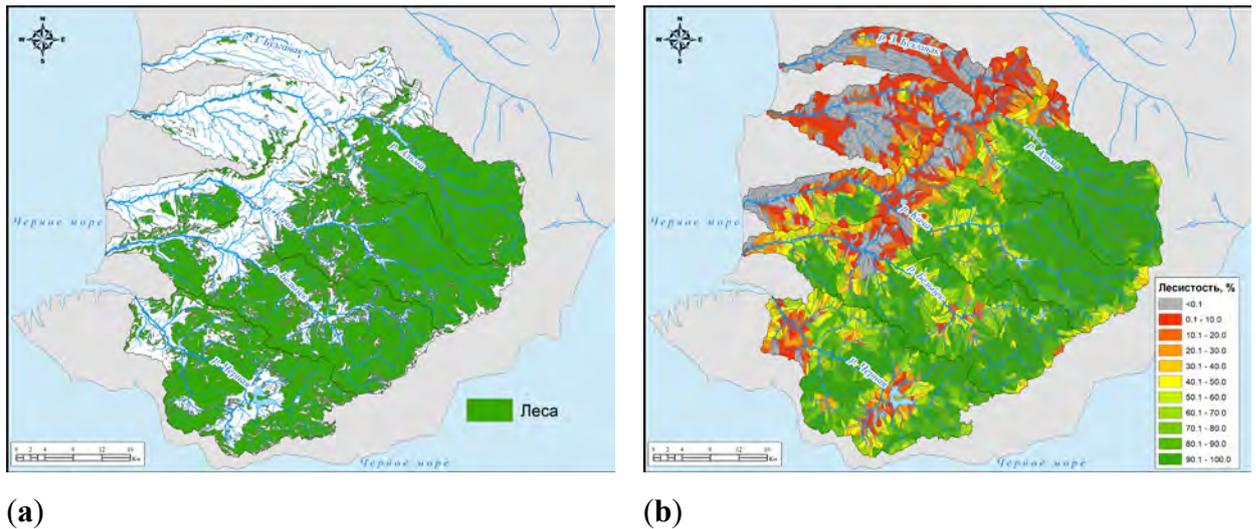


Рис. 3.14 – Леса в пределах территории бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (а) леса; (б) лесистость в пределах суббассейнов рек.

Распределение растительности в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор подвержено законам высотной поясности. Сверху вниз по высоте сменяются пояса яйлинских лугов, буковых лесов, скальнодубовых лесов, пушистодубовых лесов, степей. В наиболее нижних высотных поясах естественная растительность степей и пушистодубовых лесов сведена и на месте этих существовавших ранее растительных сообществ располагаются сельскохозяйственные угодья.

3.7. Ландшафты

Ландшафты в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор чрезвычайно разнообразны. Е. В. Кутикова и В. А. Михайлов [Кутикова, Михайлов, 2022, С. 179] выделяют три главных фактора, в результате которых в юго-западной части Крымского полуострова наблюдается высокое биологическое и ландшафтное разнообразие – 1) контакт степных, равнинных и горнолесных ландшафтов умеренного и субтропического поясов, 2) позиционное положение относительно Главной гряды, 3) классический куэстовый рельеф, сочетания эрозионных низкогорий и обширных межгорных котловин.

В тоже время ландшафты северо-восточной части Крымского полуострова исследованы недостаточно. В большинстве случаев о ландшафтах исследуемого района можно судить только по оценочным картам Крымского полуострова в целом или по отдельным картам участков территории расположенных в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор.

Одной из первых работ в которой приводятся выделение ландшафтов для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор являются исследования Б.Н. Добрынина [Добрынин, 1928, 1948]. В работе [Добрынин, 1928] Б.Ф. Добрынин приводит описание ландшафтов и ландшафтных районов Горного Крыма. Б.Ф. Добрынин [Добрынин, 1928, С. 25-26] сам подчеркивает, что работа [Добрынин, 1928] является только начальным этапом исследования ландшафтов Крымского полуострова и границы естественные границы ландшафтов намечены только в самых грубых и общих штрихах. При этом Б.Ф. Добрынин указывает что «в основе всякого ландшафта лежат, прежде всего, два фактора – рельеф и климат, причем второй, частично, является функцией первого», при этом указывая, что ландшафтные районы располагаются в четкой зависимости от геоморфологических районов. В более поздней работе [Добрынин, 1948] Б.Ф. Добрынин приводит полную карту физико-географических (ландшафтных) районов Крымского полуострова и использует следующую схему таксономических единиц: ландшафтная область – ландшафтная зона – ландшафтная подзона – ландшафтный район. Согласно [Добрынин, 1948] большая часть исследуемой территории относится к ландшафтной области Горного Крыма и только нижнее течение рек Западный Булганак и Альма к области Степной Равнины Крыма. Верховья бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная относятся к ландшафтной зоне яйлинских массивов, большая часть бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор к ландшафтной зоне северного склона яйлинской цепи.

В.Г. Ена приводит также подробную карту ландшафтов Крымского полуострова. Согласно [Ена, 1960] в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор выделяется 17 ландшафтов, из которых 16 относятся к классу горных ландшафтов и один относится к классу равнинных ландшафтов. Среди класса горных ландшафтов выделяются три группы ландшафтов Группа горно-склоново-прибрежных ландшафтов – группа горно-склоново-прибрежных ландшафтов, группа грядово-средневысотных ландшафтов и группа куэстово-предгорных ландшафтов (рисунок 3.17 и приложение А). Одной из наиболее полных карт по которой можно судить о ландшафтах в пределах исследуемой территории является ландшафтно-типологическая карта Г.Е. Гришанкова [Современные ландшафты ..., 2009], которая представлена на рисунке 3.17 и в приложении Б. Согласно [Современные ландшафты ..., 2009] в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор расположены ландшафты трех ландшафтных уровней – гидроморфного, низкогорного и среднегорного. Наименьшую площадь занимают ландшафты гидроморфного уровня (приблизительно 0,7% от площади района исследования), они расположены в основном в приустьевых частях рек. На низкогорный ландшафтный уровень приходится 55,1% площади района исследования, а на среднегорный ландшафтный уровень – 44,2%.

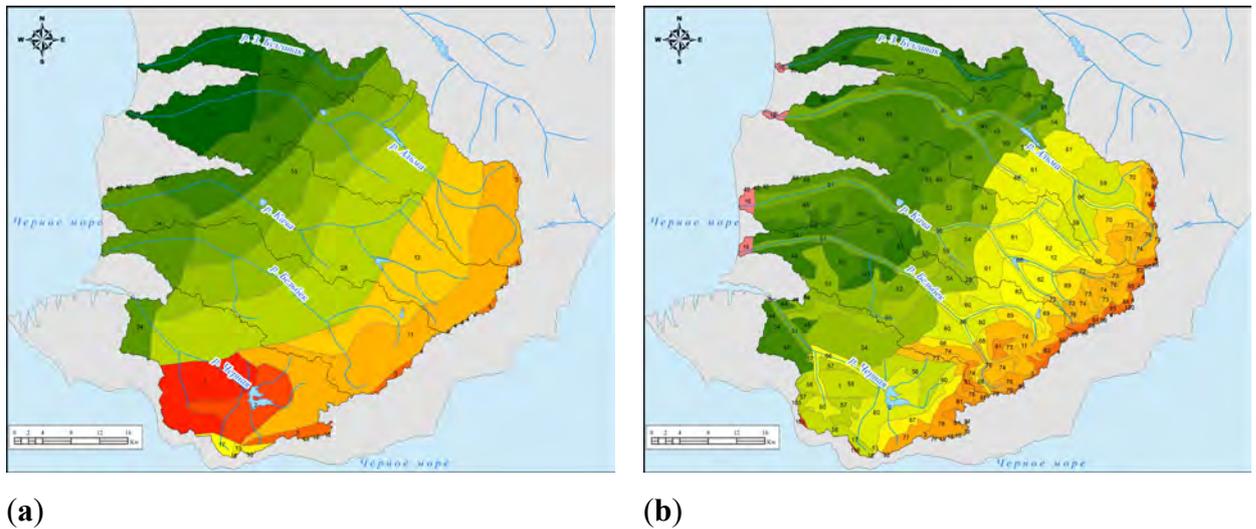


Рис. 3.17 – Ландшафты бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (а) по В.Г. Ена; (б) по Г.Е. Гришанкову (расшифровка легенды приведена в приложении А, Б)

Учитывая тот факт, что ландшафтная карта Г.Е. Гришанкова является на данный момент самой подробной, на ее основе была рассчитана плотность ландшафтных границ в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Позаченюк, Табунщик, 2017]. Плотность ландшафтных границ в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор изменяется от 0 до 2,18 км/ км². Если рассматривать дифференциацию плотности ландшафтных границ в пределах бассейнов рек то можно сказать что средняя плотность ландшафтных границ в бассейне реки Западный Булганак составляет 0,59 км/км², Альма – 0,57 км/км², Кача – 0,69 км/км², Бельбек – 0,76 км/км², Черная – 0,67 км/км². В тоже время разброс значений в пределах бассейна реки Западный Булганак составляет от 0 до 1,61 км/км², Альма – от 0 до 2,08 км/км², Кача – от 0 до 2,1 км/км², Бельбек – от 0 до 2,18 км/км², Черная – от 0 до 1,72 км/км². Пространственное распределение значений плотности ландшафтных границ представлено на рисунке 3.18.

Опираясь на работы [Позаченюк, 2015] произведена, оценка ландшафтного разнообразия в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Как можно видеть из рисунка 3.19 ландшафтное разнообразие изменяется от 0,9 до 8,33.

Если рассматривать – дифференциацию поля ландшафтного разнообразия в пределах бассейнов рек, то можно сказать, что среднее значение ландшафтного разнообразия в бассейне реки Западный Булганак составляет 3,53, Альма – 4,66, Кача – 4,75, Бельбек – 5,27, Черная – 5,19. В тоже время разброс значений в пределах бассейна реки Западный Булганак составляет от 0,9 до 5,32, Альма – от 1,99 до 7,93, Кача – от 0,93 до 8,17, Бельбек – от 1,70 до 8,33, Черная – от 1,88 до 7,48.

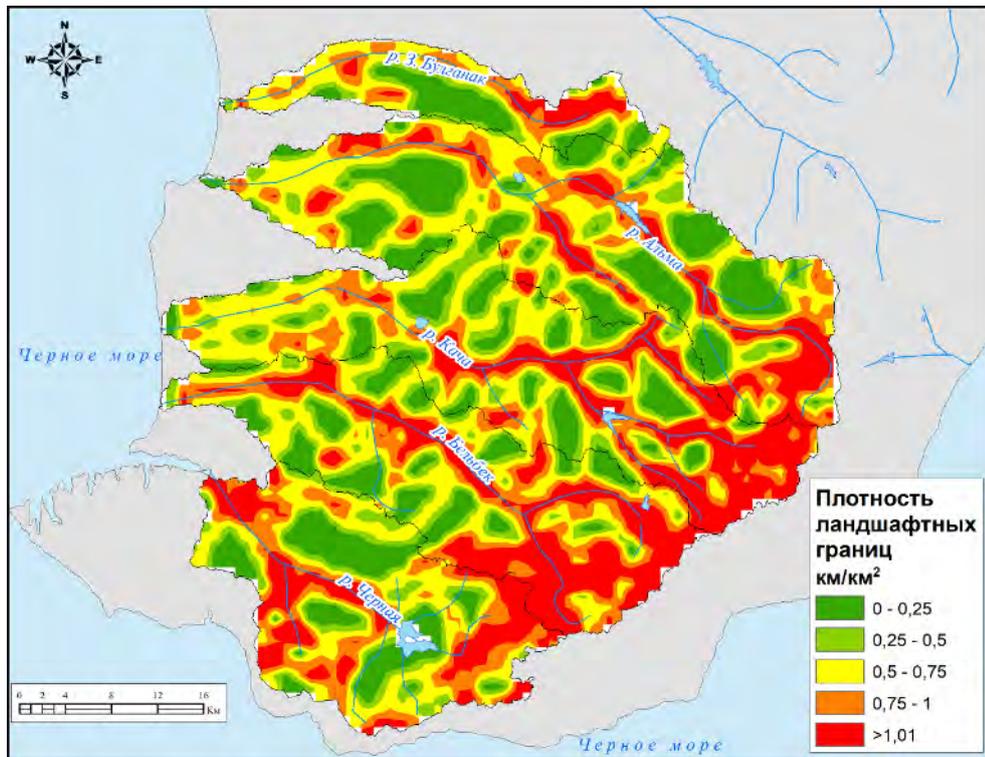


Рис. 3.18 – Плотность ландшафтных границ в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

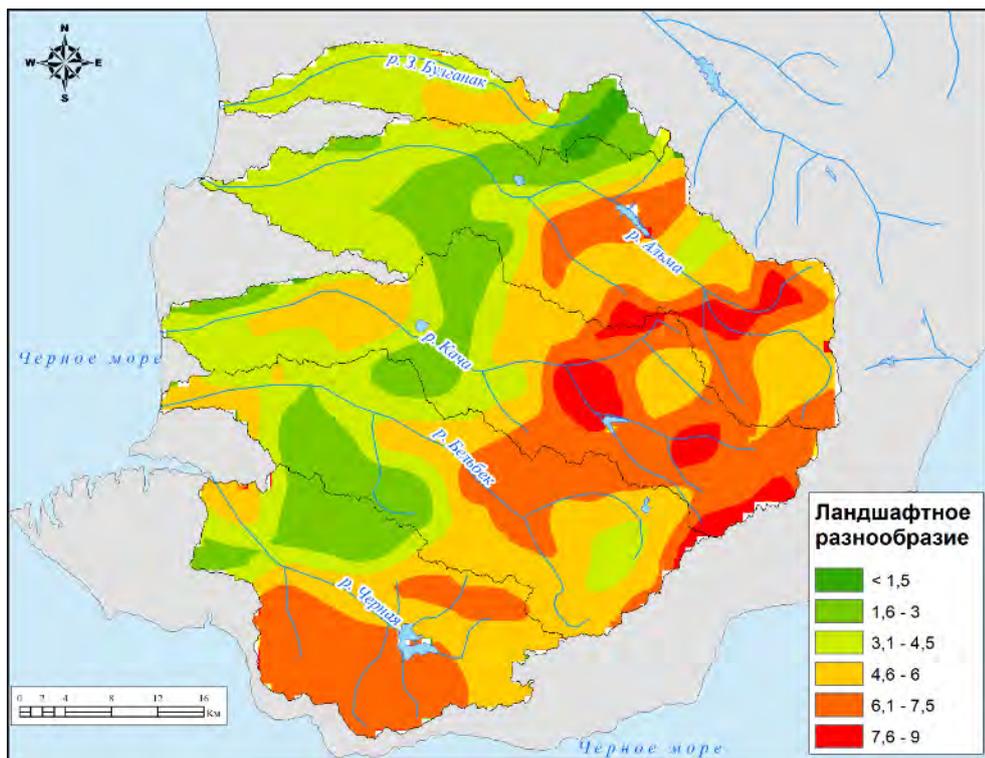


Рис. 3.19 – Ландшафтное разнообразие в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Т.В. Бобра [Бобра, 2007, С. 79] указывает, что ландшафты, расположенные в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, обладают высоким и очень высоким потенциалом самоочищения, причем потенциал самоочищения в 1,5-2,0 раза больше, чем в бассейнах рек равнинной части Крымского полуострова.

Опираясь на все вышесказанное, можно утверждать, что исследуемая территория характеризуется уникальными ландшафтами, среди которых наиболее ценные представлены в юго-восточной и восточной частях района исследования.

Выводы по разделу 3

1. Территория бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная расположена в юго-западной части Крымского полуострова. Реки берут свое начало в Крымских горах и впадают в Черное море, а их долины прорезают Внутреннюю и Внешнюю гряду Крымских гор. Площадь исследуемой территории составляет примерно 2299 кв. км. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор – Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная – уточнены границы водосборных бассейнов, описаны вершины и другие орографические объекты, вдоль которых они выделяются. Рассчитаны площади бассейнов рек по принадлежности к административно-территориальному делению Крымского полуострова. Показано распределение населенных пунктов в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. А также рассмотрены и детализированы некоторые физико-географические аспекты описания территории.

2. Для территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор получены новые данные о характеристиках рельефа. Рассчитаны показатели глубины расчленения рельефа и густоты расчленения рельефа в пределах бассейнов рек и показана их пространственная дифференциация в пределах исследуемых бассейнов. Также проанализировано вероятность проявления селей, лавин, развитие карста в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, рассчитаны плотность тектонических нарушений и показана вероятностная возможность проявления сейсмичности. Рассчитаны значения наклона поверхности в пределах бассейнов рек.

3. Климат является одним из ведущих факторов который оказывает влияние на гидрологические условия в бассейнах рек, на развитие эрозии в пределах речных бассейнов, на биологическое разнообразие и естественно способствует или не способствует развитию антропогенной деятельности в пределах речного бассейна. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор рассчитаны среднегодовые значения температуры воздуха и выявлено отклонение их от среднегодовой нормы. Произведен анализ динамики количества

выпадающих осадков и значений температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам Северного полушария.

4. Рассмотрена характеристика рек Западный Булганак, Альма, Бельбек и Черная. Рассчитаны площади правой и левой частей бассейнов и коэффициенты симметричности бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Все рассматриваемые бассейны рек характеризуются более выраженным левым берегом, который, по сравнению с правым берегом, занимает большие площади. Наиболее выраженную симметричность бассейна относительно реки имеет бассейн реки Кача, а наименее выраженную – бассейн реки Западный Булганак. Рассчитана длина (длинная осевых линий бассейна) и ширина бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Рассматриваемые бассейны рек характеризуются значительной изрезанностью очертаний, причем для бассейнов рек Альма, Кача и Бельбек эти показатели примерно одинаковы (1,8-1,9), а бассейн реки Западный Булганак характеризуется наибольшей изрезанностью очертаний (2,3), а бассейн реки Черная – наименьшим (1,5).

5. Почвенный покров в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор довольно разнообразен, в силу наличия высотной поясности, сложного рельефа и микроклиматических особенностей исследуемой территории и ряда других факторов. В тоже время эволюция взглядов на почвенный покров в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор претерпела существенные изменения начиная с XX века. Наиболее полная почвенная съемка выполненная в середине XX века для территории Крымского полуострова в масштабе 1:200000 не покрывает полностью территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, что не позволяет ее учитывать комплексно при исследовании. Поэтому наиболее полной картой почв мы можем считать карту Н.А. Драган, однако она не обладает большой детальностью. Таким образом мы можем утверждать, что детальная характеристика почвенного покрова территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор отсутствует, а имеющие литературные данные не позволяют в полном объеме судить о разнообразии почв исследуемого региона. В тоже время наличие плодородных почв в нижнем и частично среднем течении бассейнов рассматриваемых рек создает предпосылки для сельскохозяйственного развития территории.

6. Распределение растительности в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор подвержено законам высотной поясности. Сверху вниз по высоте сменяются пояса яйлинских лугов, буковых лесов, скальнодубовых лесов, пушистодубовых лесов, степей. В наиболее нижних высотных поясах естественная растительность степей и пушистодубовых лесов сведена и на месте этих существовавших ранее растительных сообществ располагаются сельскохозяйственные угодья.

7. В пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор наблюдается сложная пространственная дифференциация ландшафтов и ландшафтного рисунка. Наиболее подробной картой позволяющей произвести оценку ландшафтов является карта Г.Е. Гришанкова. Анализ ландшафтного разнообразия и плотности ландшафтных границ позволило выявить наиболее ценные ландшафты. При анализе установлено что территории с наибольшим разнообразием заняты лесами и ООПТ и находятся в южной, восточной и юго-восточной частях исследуемого района, а с наименьшими значениями разнообразия – в основном заняты степями, населенными пунктами и лугами, и расположены на северо-западе исследуемого района.

РАЗДЕЛ 4. ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР

4.1. История освоения территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

А.Ю. Ретеюм отмечает [Ретеюм, 1988, С. 238], что «очень важно ... знать ресурсный потенциал речных бассейнов как основной арены человеческой деятельности». И это утверждение является довольно верным. Еще в XIX веке Л.И. Мечниковым [Мечников, 1898] было показано влияние бассейнов крупных рек на развитие поселений и цивилизаций.

В первобытное время в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор освоение территории было связано с появлением первобытных людей и их влиянием на природную среду. Первые ранние поселения зависели от природы для своего выживания и развития, и их воздействие на окружающую среду чрезвычайно незначительным. Одной из основных деятельностей первобытных людей была охота и собирательство, что приводило к сокращению численности некоторых видов животных и растений в определенных районах. Однако, в целом, воздействие первобытных охотников и собирателей на природу в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор было относительно небольшим, так как их численность была невелика, а методы охоты и сбора были примитивными.

В античное время освоение территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор имело свои особенности и влияние на природу стало более заметным по сравнению с первобытным периодом. Античные цивилизации, такие как греки и римляне начали целенаправленно преобразовывать окружающую природную среду. Одним из основных аспектов античного освоения было земледелие. Греки и римляне внедрили систему орошения, возделывали землю и ввели новые сельскохозяйственные культуры. Для орошения они строили каналы, дамбы и водохранилища, что приводило к изменению речных систем. Они также вводили новые виды растений, такие как виноград и оливки, и создавали сады и плантации, что привело к изменению биоразнообразия и природных экосистем. Одним из наиболее известных примеров античного воздействия на природу Крыма является строительство городов, для строительства которых добывали полезные ископаемые. В античное время также развивался транспорт и торговля, что привело к строительству дорог и портовых сооружений. Это имело влияние на окружающую природу, включая древние леса и прибрежные территории.

В средние века освоение территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор приобрело новые черты, и влияние на природу стало еще более заметным. В этот период исследуемая территория была объектом интереса различных культур и цивилизаций. Одним из важных аспектов освоения было развитие сельского хозяйства. В этот период активно развивалось земледелие, виноделие и пчеловодство. Были открыты новые сельскохозяйственные угодья, особенно в долинах рек и на плодородных равнинах. Однако, расширение земледелия привело к вырубке лесов и изменению естественного растительного покрова. В средние века на территории Крыма также активно развивалась добыча полезных ископаемых. Добыча полезных ископаемых требовала значительного воздействия на окружающую среду, включая разрушение природных образований, изменение рельефа и загрязнение водных ресурсов. В этот период были построены множество крепостей, оборонительных сооружений и городских поселений. Использование природных ресурсов для строительства, включая дерево и камень, приводило к их истощению и изменению ландшафта. Более поздние конструкции, такие как фортификационные сооружения и стены, также вносили изменения в рельеф и природные системы. Кроме того, в средние века на территории Крыма активно развивалась торговля и мореплавание. Это приводило к строительству портовых сооружений и использованию природных ресурсов для судостроительства.

Освоение территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в период Крымского ханства имело большое значение, так как именно в исследуемом регионе находилась его столица – Бахчисарай. Влияние на природу в значительной степени было связано с сельскохозяйственной деятельностью. Важным аспектом освоения было животноводство. Кроме того, в период Крымского ханства были построены новые поселения и укрепления.

Освоение территории в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор после присоединения Крыма к России и до 1917 года сопровождалось различными процессами, которые оказали значительное влияние на природную среду региона. Важным аспектом освоения Крыма в этот период было развитие инфраструктуры. Были построены дороги, железные и трамвайные линии, проложены телеграфные и телефонные провода. Это улучшило связь и транспортную доступность региона, но также требовало вмешательства в природную среду. Строительство дорог и железных дорог приводило к изменению рельефа, прокладке мостов и тоннелей, что вызвало отрицательное воздействие на окружающую природу. Начал активно формироваться туристический облик региона. Появились первые туристические маршруты.

Максимальное влияние на природу бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор достигло в период советской власти. В этот период были проведены масштабные проекты по индустриализации и развитию промышленности, что привело к негативному влиянию на качество воздуха, водных ресурсов и почвы, а также на биологическое разнообразие региона.

Развитие сельского хозяйства также оказало свое влияние. Государственные программы по коллективизации и интенсификации сельского хозяйства привели к расширению сельскохозяйственных угодий. Инфраструктурное развитие также было важным аспектом освоения территории. Были проведены работы по строительству и модернизации дорог, железных дорог, аэропортов и портов, что способствовало росту потока транспорта. Развитие туризма также было важным аспектом освоения территории в период с 1917 по 1991 годы.

С 1991 года в связи с кризисом влияние на природу в бассейнах северо-западного склона Крымских гор значительно уменьшилось. Кризисные явления в экономике, процесс перехода от плановой экономики к рыночной, приватизация и банкротство многих предприятий привели к росту не возделываемых земель и сокращению промышленного производства. В этот период активно развивался неконтролируемый туризм, который продолжал оказывать негативное воздействие на территорию. В тоже время после преодоления экономического кризиса и массового возвращения незаконно депортированных народов начался пик активного, также часто неконтролируемого строительства и захвата земель, которые не были предназначены для строительства.

После воссоединения Крыма с Россией в 2014 году пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор началось активное экономическое развитие, которое оказывает сильное воздействие на экосистемы и ландшафты бассейнов рек. Одним из таких проявлений явилось строительство четырехполосной трассы Таврида, а также выделение большого количества земель для реализации различных инвестиционных проектов и строительства. Помимо этого, также существенно произошло улучшение инфраструктуры – дорог, мостов, аэропортов. После 2014 года существенно увеличилось количество автомобильного транспорта и стали интенсивно использоваться сельскохозяйственные земли.

Историческое развитие и освоение территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор оказало существенное на природные ландшафты. Если до 1917 года это влияние было в целом незначительно, то в более поздние периоды антропогенное воздействие значительно возросло и стало оказывать негативное влияние на устойчивое развитие территории.

4.2. Социально-экономическая характеристика территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Поскольку границы района исследования определены исходя из физико-географических особенностей, их экономико-географическое положение приобретает ряд характерных черт. Территория исследования находится в Предгорном Крыму и ограничивается бассейнами рек юго-западного склона Главной гряды Крымских гор, что является благоприятным фактором в

развитие сельского и рекреационного хозяйства, развитие строительной промышленности. Наличие значительных водных ресурсов – один из определяющих факторов особенностей сформировавшейся социально-экономической системы. Район исследования имеет выход к Черному морю, где наиболее значимым для хозяйственной деятельности является устье реки Черной, там сформировался промышленно-транспортный центр.

Соседство с двумя крупнейшими городами полуострова Симферополем и Севастополем оказывает ключевое влияние на социально-экономические особенности.

Природно-ресурсный потенциал характеризуется наличием значительных запасов нерудных полезных ископаемых. Наибольшее значение имеют строительные материалы, которые отличаются высоким качеством и легкостью добычи. Значительный интерес как строительные материалы представляют мраморовидные и мшанковые известняки. Ценным строительным материалом является мергель, используемый для производства цемента. Его добывают в районе Бахчисарая [Супрычев, Швец, 2017]. Примечательны водные и почвенные ресурсы, которые позволяют активно развивать сельское хозяйство. Ландшафтные и культурно-исторические ресурсы – основа развития туристско-рекреационной отрасли.

Несмотря на приближенность к основным экономическим центрам полуострова население территории исследования не является многочисленным ввиду особенностей расселения и структуры занятости. А.Ю. Ретеюм [Ретеюм, 1988, С. 100] отмечает, что урбанизация в долинах главных рек сопровождалась оттоком населения с отдаленных бассейнов рек. На территории муниципальных округов Севастополя проживает около 20 тысяч человек сельского населения, в Бахчисарайском районе – 94462 человека, в Симферопольском районе около 23 тысяч постоянного населения. Самым крупным населенным пунктом является Бахчисарай с численностью населения 29221 человек. Плотность населения составляет 59 человек на кв км, при средней плотности населения полуострова 86 человек на км² [Социально-экономический паспорт..., 2023а; Социально-экономический паспорт..., 2023б].

На рисунке 4.1 представлена динамика изменения средней плотности населения в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная с 2008 по 2020 гг. Как видно из рисунка 4.1 средняя плотность населения остается практически постоянной. Незначительные изменения произошли в 2014 году что связано в первую очередь с обновлением статистических данных в связи с проведением переписи населения в Крымском федеральном округе в 2014 году и с отличием методики построения расчетной сетки.

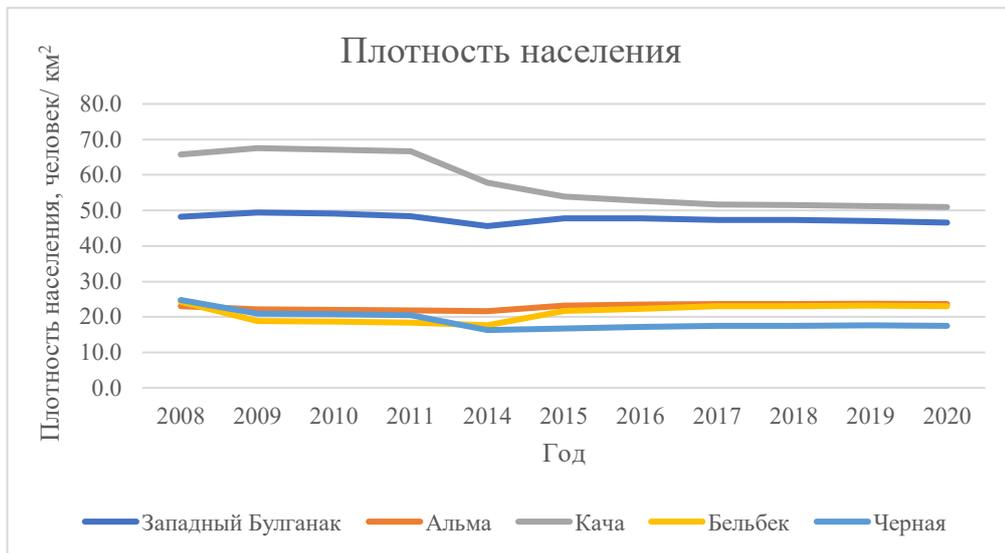


Рис. 4.1 – Средние значения плотности населения в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная (составлено автором)

На рисунке 4.2 представлены карты плотности населения в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная за 2008 и 2020 гг.

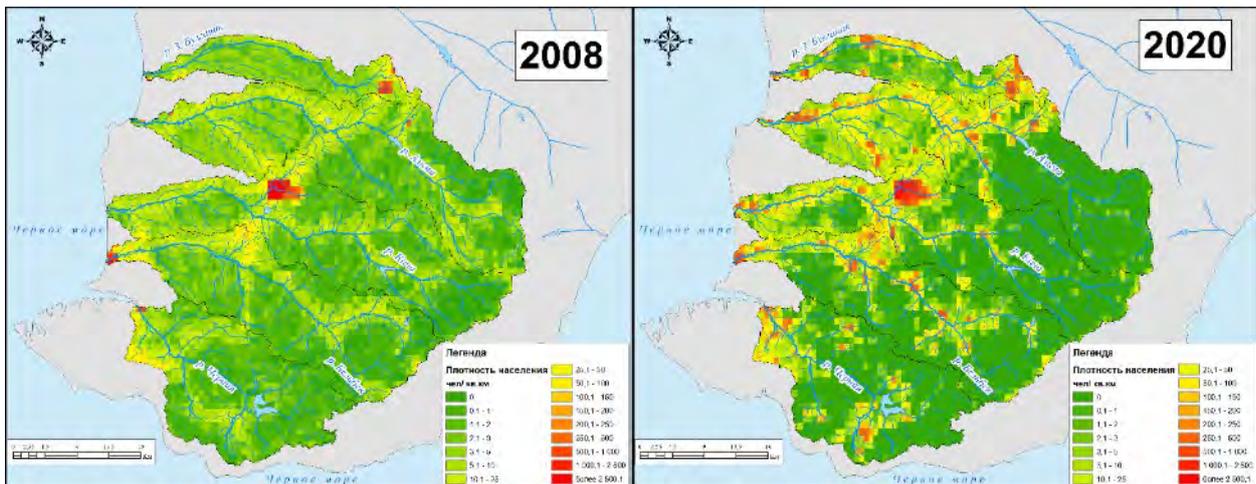


Рис. 4.2 – Плотность населения в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная в 2008 и 2020 гг.

Следует отметить, что Бахчисарайский и Симферопольский районы имеют сравнительно высокую рождаемость для полуострова (13,7 % и 12 % соответственно). А Севастополь характеризуется наивысшими показателями брачности. Для территории исследования традиционно характерны положительные показатели миграционной активности [Атлас социокультурных..., 2020]. В целом демографические процессы имеют положительную динамику.

Территория исследования относится к индустриально-аграрно- рекреационному типу социально-экономических микрорайонов. Имеет среднюю степень экономической освоенности [Атлас социокультурных..., 2020].

Для муниципальных образований, входящих в состав территории исследования характерно преобладание строительной и пищевой промышленности.

Здесь сформирован Горнокрымский специализированный район промышленности строительных материалов [Супрычев, Швец, 2017].

На севастопольском участке промышленные предприятия сконцентрированы в районе Инкермана. Функционируют предприятия машиностроительной, строительной и пищевой отраслей (Инкерманский карьер пильных известняков АО «Инкерстром», Отделение филиала «Севастопольский морской завод» АО «Центр Судоремонта «Звездочка» в Инкермане, ООО «Инкерманский завод марочных вин» и другие). Остальная территория промышленного развития не получила.

В Бахчисарайском районе сформирован промышленный узел по добыче и производству строительных материалов. Крупнейшим предприятием, добывающим сырье и производящим цемент и производные с 1959 года, является АО «Бахчисарайский комбинат Стройиндустрия» (г. Бахчисарай). Кроме того, функционируют следующие предприятия АО Бахчисарайский завод «Дориндустрия» ГУП РК, «Крымжелезобетон» (Бахчисарайский производственный участок), АО «Альминский завод строительных материалов» [Социально-экономический паспорт..., 2023а].

Среди промышленных предприятий в Симферопольском районе находятся небольшие предприятия пищевой промышленности (ООО «Хлебный дом», с. Чистенькое, ООО «КрымЭкопродукт», с. Кольчугино) [Социально-экономический паспорт..., 2023б].

Сельское хозяйство – важная отрасль специализации района исследования. В отраслевой структуре сельского хозяйства преобладает растениеводство. Основные сельскохозяйственные культуры - виноград, плодовые и ягодные, зерновые и зернобобовые, овощи. Выращиваются эфиромасличные культуры (лаванда, роза, шалфей), орехоплодные (грецкий орех, миндаль, фундук) [Социально-экономический паспорт..., 2023а; Социально-экономический паспорт..., 2023б]. Наблюдается территориальная зональность: в южной и юго-западной части преобладают такие отрасли специализации растениеводства как виноградарство и садоводство, в северной и северо-восточной части преимущественно возделываются зерновые и зернобобовые культуры. Животноводство слабо развито ввиду недостаточной кормовой базы.

Благодаря своему уникально природно-ресурсному и социокультурному потенциалу развита и рекреационная отрасль. Получили значительное распространение лечебная и оздоровительная рекреация и детский отдых. Среди направлений туризма представлены

экскурсионный, горно-пешеходный, сельский, паломнический, археологический военно-патриотический, охотничий и другие виды туризма [Туристско-рекреационные паспорта..., 2017]. Развитие рекреационного комплекса и его инфраструктура оказывает умеренное влияние на бассейны рек района.

Район обладает разветвленной транспортной инфраструктурой. Важнейшая автомагистраль – автомобильная дорога федерального «Таврида». Также немаловажно наличие и электрифицированной железной дороги, где Бахчисарай и Инкерман являются достаточно крупными железнодорожными станциями [Социокультурная трансформация..., 2022]. Обе транспортные магистрали пересекают бассейны рек района исследования, что значительным образом влияет на ландшафтные особенности, кроме того, автотранспорт становится основным источником загрязнения вод. Кроме того, в канале реки Черной находится грузовой причал, который является частью Севастопольского морского порта. Данное морское сооружение является угрозой для хрупкой экосистемы аквального комплекса.

Район исследования относится к индустриально-аграрно- рекреационному типу средней степени экономической освоенности. Промышленные предприятия строительной отрасли и транспортная инфраструктура района – основные источники загрязнения бассейнов рек. Значительным фактором изменения ландшафтов является развитие растениеводства. Район не испытывает критической антропогенной нагрузки.

4.3. Природопользование в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Экологические ниши и конфликты природопользования

С использованием космических снимков высокого разрешения и наборов открытых баз данных проведено выделение основных типов природопользования (использования земель) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. В итоге составлена карта, на которой отображена пространственная дифференциация основных типов природопользования (рис. 4.3). Как видно из рисунка 4.3 в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор на большей части преобладают леса и ООПТ, особенно в восточной и юго-восточной части. Сады, виноградники и пашня в основном сосредоточены в северо-западной части территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Населенные пункты расположены повсеместно, в основном приурочены к долинам рек и нарушают целостность природных экосистем и ландшафтов в пределах лесов.

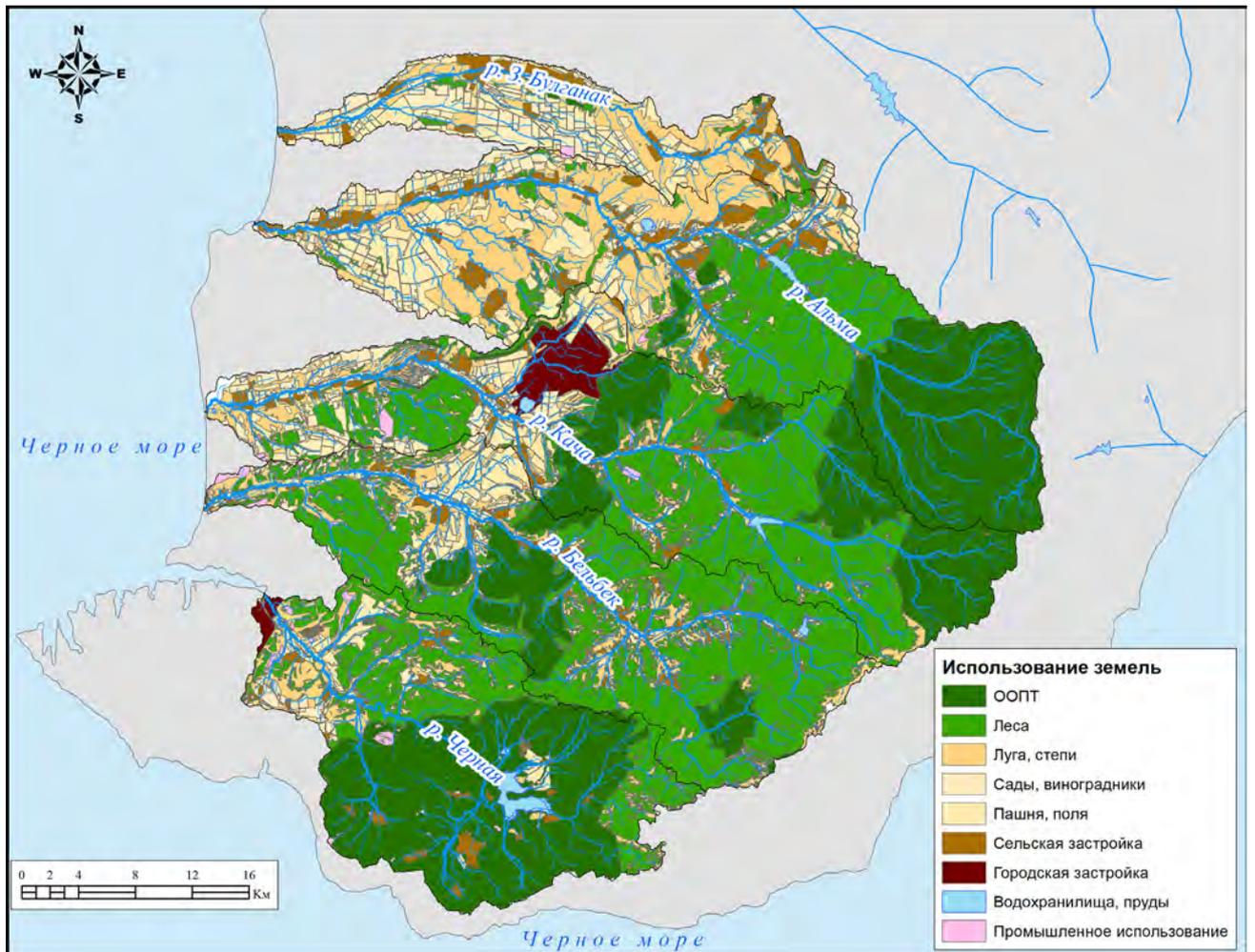


Рис. 4.3 – Природопользование в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (составлено автором в результате дешифрирования космических снимков и с использованием открытых наборов геоданных OpenStreetMap)

На рисунке 4.4 представлены результаты оценки изменения основных типов природопользования – пашни и лесов, построенные опираясь на данные космических снимков Landsat в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Как видно из рисунка 4.4 в пределах бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек, Черная фиксируется незначительная убыль лесов, в пределах каждого речного бассейна наблюдается большое количество неиспользуемых в сельском хозяйстве земель, что в первую очередь связано с сложными геологическими и геоморфологическими условиями.

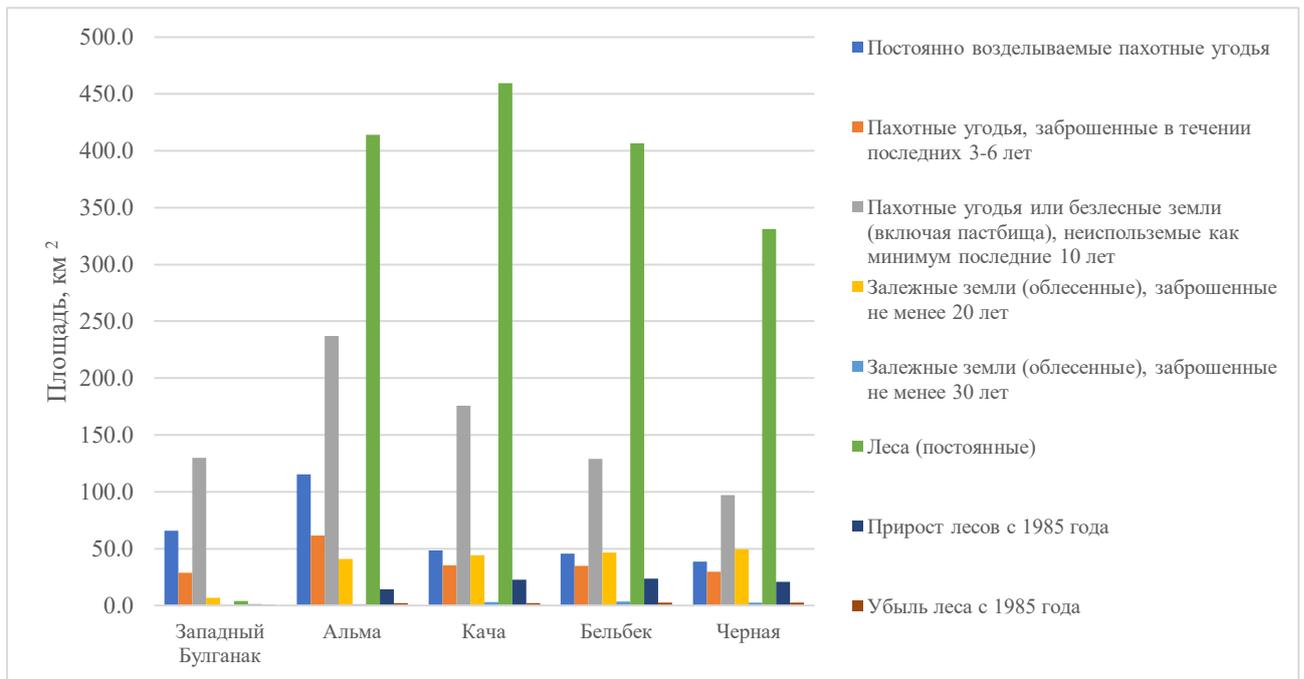


Рис. 4.4 – Изменение площади пахотных угодий и лесов в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная

М.П. Суханова [Суханова, 2013, С. 162] отмечает, что геоэкологическая характеристика речных бассейнов определяется, в первую очередь, существующими условиями землепользования на территории бассейна реки. В связи с этим детально проанализирована структура землепользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор и составлена карта землепользования. Структура природопользования в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор во многом определяется внешними факторами, которые были рассмотрены ранее.

В работе [Позаченюк, Ващенко, 2003, С. 177] Е.А. Позаченюк и Н.И. Ващенко отмечают, что «Полифункциональное назначение территории ведет к формированию как социальных, так и экологических конфликтов, нарушению ее оптимальной территориальной организации и, как правило, формированию неблагоприятной экологической ситуации, снижению качества и количества природных ресурсов и др.».

На основании соотношения полученных данных о природопользовании и карт абсолютных высот, крутизны склонов, а также карт среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков за третий и четвёртый периоды меридиональной южной циркуляционной эпохи построены экологические ниши видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 4.5, 4.6) [Табунщик, Горбунов, 2023].

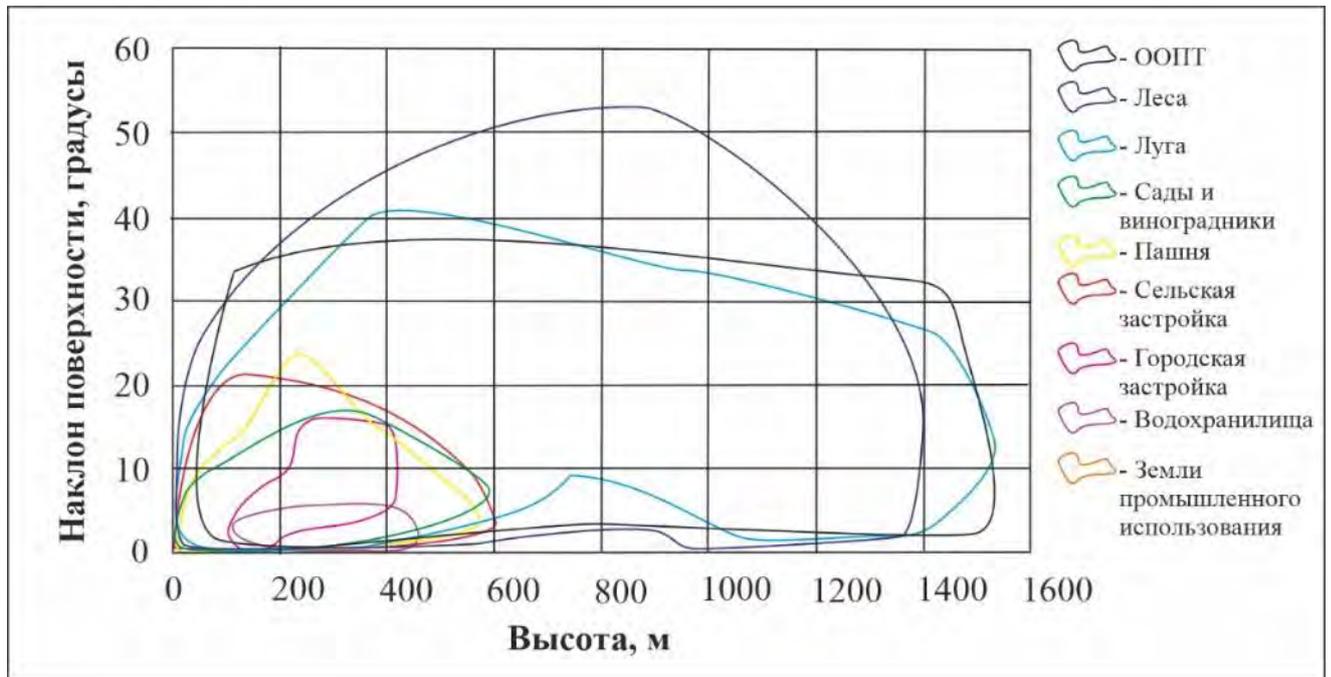


Рис. 4.5 – Положение основных видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» [Табунщик, Горбунов, 2023]

В тоже время конфликт природопользования рассматривается нами как область перекрытия экологических ниш различных видов природопользования (рис. 4.7). Количественной мерой конфликта природопользования в данном случае выступает степень пересечения экологических ниш, которая представлена в таблице 4.1, и оценивается от 0 до 1 [Табунщик, Горбунов, 2023].

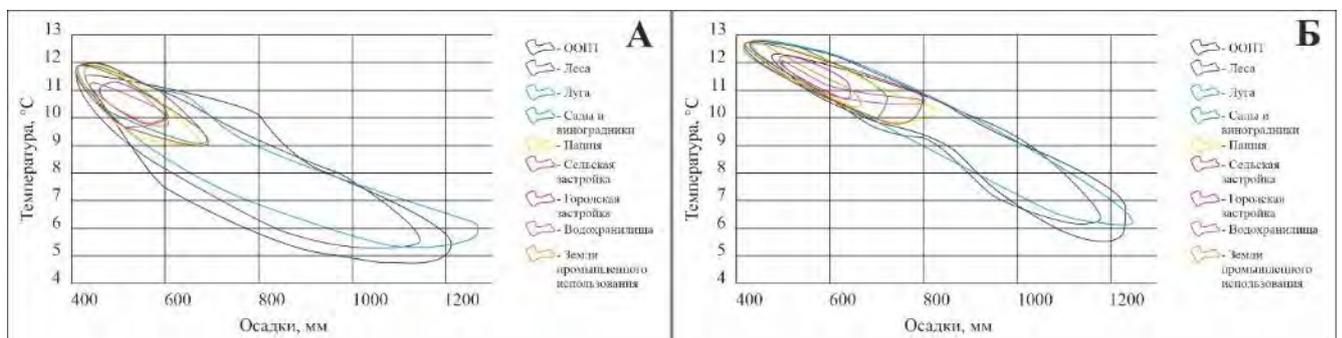


Рис. 4.6 – Положение основных видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Температура, °С. Год» и «Осадки, мм. Год» в третий период (А) меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981-1997) и в четвертый период (Б) меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998-2019) [Табунщик, Горбунов, 2023]

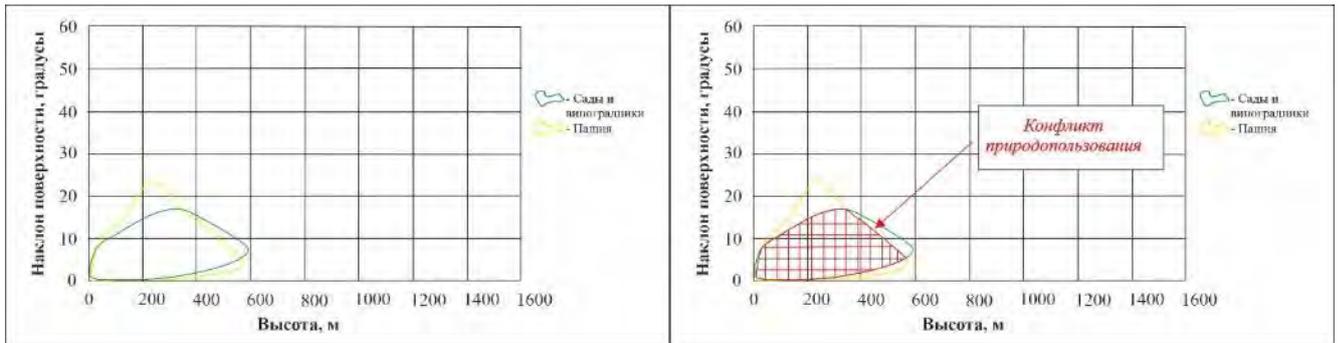


Рис. 4.7 – Графическая визуализация конфликта природопользования между видами природопользования «Пашня» и «Сады и виноградники», как степень перекрытия их экологических ниш, в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» [Табунщик, Горбунов, 2023]

Таблица 4.1 – Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Табунщик, Горбунов, 2023]

	ООПТ	Леса	Луга	Сады и виноградники	Пашня	Сельская застройка	Городская застройка	Водохранилища	Земли промышленного использования
ООПТ	-								
Леса	0,70	-							
Луга	0,86	0,71	-						
Сады и виноградники	0,13	0,11	0,15	-					
Пашня	0,14	0,15	0,17	0,76	-				
Сельская застройка	0,17	0,15	0,20	0,69	0,77	-			
Городская застройка	0,06	0,05	0,07	0,46	0,38	0,32	-		
Водохранилища	0,03	0,03	0,03	0,20	0,17	0,14	0,17	-	
Земли промышленного использования	0,14	0,11	0,15	0,60	0,72	0,65	0,57	0,17	-

В тоже время нужно понимать, что в пяти рассматриваемых бассейнах рек конфликты природопользования проявляются с разной силой. Например, в бассейне реки Западный Булганак, где доминирует пашня основной конфликт будет происходить между пашней,

застройкой и естественными территориями, которые слабо сохранились, а в бассейне реки Альма – между лесами, лугами и другими видами природопользования (рис. 4.8, таблица 4.2, 4.3).

Применение концепции экологической ниши показывает, что на одно факторное пространство претендуют несколько видов природопользования и, за это пространство будет вестись конкуренция, либо до установления динамического равновесия, либо до полного доминирования определенных видов природопользования – будет происходить вытеснение наиболее «слабого» вид природопользования, поскольку в итоге наиболее «сильный» вид природопользования должен занять господствующее положение (в том числе и с учетом антропогенного фактора внешнего воздействия) [Табунщик, Горбунов, 2023].

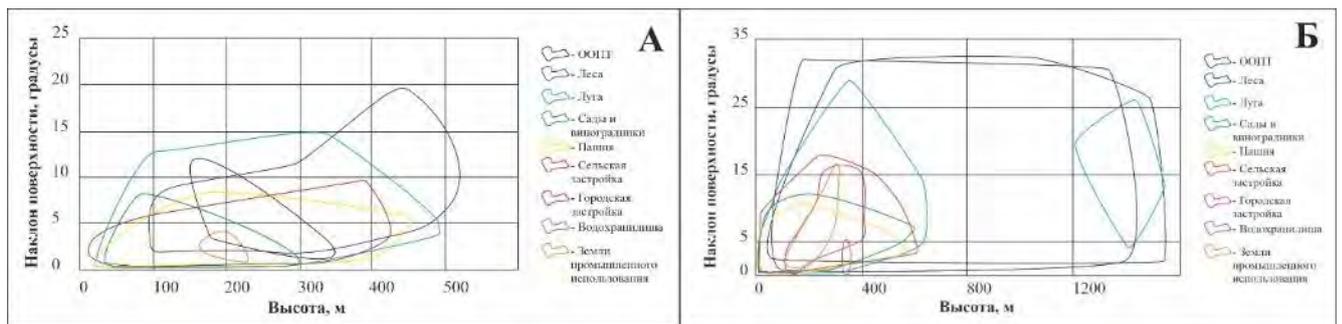


Рис. 4.8 – Положение основных видов природопользования в пределах бассейна реки Западный Булганак (А) и Альма (Б) в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» [Табунщик, Горбунов, 2023]

Таблица 4.2 – Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в бассейне реки Западный Булганак в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» [Табунщик, Горбунов, 2023]

	ООПТ	Леса	Луга	Сады и виноградники	Пашня	Сельская застройка	Земли промышленного использования
ООПТ	-						
Леса	0,21	-					
Луга	0,22	0,48	-				
Сады и виноградники	0,10	0,14	0,02	-			
Пашня	0,31	0,36	0,48	0,42	-		
Сельская застройка	0,26	0,35	0,52	0,41	0,76	-	
Земли промышленного использования	0,03	0,02	0,03	0,11	0,06	0,05	-

Таблица 4.3 – Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в бассейне реки Альма в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы» [Табунщик, Горбунов, 2023]

	ООПТ	Леса	Луга	Сады и виноградники	Пашня	Сельская застройка	Городская застройка	Водохранилища	Земли промышленного использования
ООПТ	-								
Леса	0,84	-							
Луга	0,36	0,32	-						
Сады и виноградники	0,11	0,11	0,31	-					
Пашня	0,08	0,09	0,22	0,72	-				
Сельская застройка	0,16	0,18	0,44	0,64	0,46	-			
Городская застройка	0,07	0,07	0,18	0,38	0,34	0,38	-		
Водохранилища	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	-	
Земли промышленного использования	0,03	0,03	0,08	0,22	0,24	0,18	0,47	0,00	-

Наименее приспособленными с позиции конкуренции за пространство выступают территории занятые лесами и ООПТ, в силу того что они наиболее подвержены воздействию хозяйственной деятельности, а наиболее сильными – староосвоенные территории, искусственно регулируемые человеком, где развита сеть поселений и территория активно используется под пашню, сады и виноградники. Пересечение экологических ниш ООПТ и естественной растительности не выглядит спорно, поскольку ООПТ создаются для сохранения основных типов уникальных экосистем региона. Однако, здесь нужно отметить, что в силу освоения региона исследования экологические ниши ООПТ намного шире по факторам наименее благоприятным для хозяйственного использования. В тоже время, нужно понимать, что в силу исторического развития, естественные слабо преобразованные территории и их ниша либо должны уничтожены и их ниши заняты, либо преобразованными ландшафтами, либо ООПТ. Т.е. получается, что в любом случае естественные ландшафты будут трансформироваться и их экологическая ниша будет сужаться [Табунщик, Горбунов, 2023].

Количественные значения пересечения экологических ниш, представленные в таблице 4.3, может использоваться, однако требуют некоторых уточнений. Например, при таком подходе,

когда мы имеем дело со сравнением широкой и узкой экологической ниши, результат общего пересечения составляет незначительные величины, в виду большой площади одной фигуры и крайне малой, относительно большой, второй фигуры. Если рассматривать экологические ниши лесов и городской застройки, то очевидно, что экологическая ниша городской застройки, практически полностью включается в экологическую нишу лесов. Результаты по формуле (2.33) составляют только 0,06 в виду большой ширины экологической ниши лесов. Таким образом, если проводить анализ пересечения по формуле (2.33) то учитывается только пересечение от общей площади экологической ниши, в то время как конфликт природопользования должен оцениваться с позиции каждого участника конфликта. В виду этого предлагается использовать для оценки конфликта природопользования отношение площади пересечения экологических ниш к площади самой ниши, в рамках субъект-объектных отношений (таблица 4.4) [Табунщик, Горбунов, 2023].

Таблица 4.4 – Значение конфликта природопользования (пересечение экологических ниш) основных видов природопользования в пространстве факторов «Высота, м» и «Наклон поверхности, градусы», рассчитанные как отношение площади пересечения экологических ниш к площади самой ниши [Табунщик, Горбунов, 2023]

	ООПТ	Леса	Луга	Сады и виноградники	Пашня	Сельская застройка	Городская застройка	Водохранилища	Земли промышленного использования
ООПТ	-	0,91	0,88	0,13	0,14	0,17	0,06	0,03	0,14
Леса	0,75	-	0,72	0,11	0,13	0,15	0,05	0,03	0,11
Луга	0,96	0,95	-	0,15	0,17	0,21	0,07	0,03	0,15
Сады и виноградники	0,98	0,99	0,99	-	0,95	1,00	0,47	0,21	0,76
Пашня	0,89	0,97	0,99	0,80	-	0,96	0,39	0,18	0,78
Сельская застройка	0,88	0,97	0,97	0,69	0,79	-	0,32	0,15	0,68
Городская застройка	0,92	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	-	0,17	0,96
Водохранилища	0,82	0,93	0,93	0,85	0,85	0,85	0,34	-	0,08
Земли промышленного использования	0,98	0,98	0,98	0,74	0,90	0,94	0,45	0,02	-

Например, если сравнивать пересечение экологических ниш лесов и городской застройки с позиции городской застройки, то пересечение достигает 0,92 и очевидно, что экологическая ниша леса может вытеснить экологическую нишу городской застройки в факторном пространстве с большей вероятностью, чем экологическая ниша городской застройки вытеснить городскую нишу лесов, где значение пересечения составляет 0,17. В тоже время интересен сам факт понимания формирования роста экологических ниш отдельных видов природопользования. Например, из рисунка 4.9, видно, что экологическая ниша городской застройки полностью включена в экологическую нишу сельской застройки, что свидетельствует о том, что, городская застройка формируется преимущественно на базе сельской, а сельская в свою очередь захватывает новые пространства. В тоже время нужно констатировать что в результате климатических условий изменяются и климатические факторы среды, влияющие на развитие отдельных видов природопользования, что влияет на изменение экологических ниш [Табунщик, Горбунов, 2023].

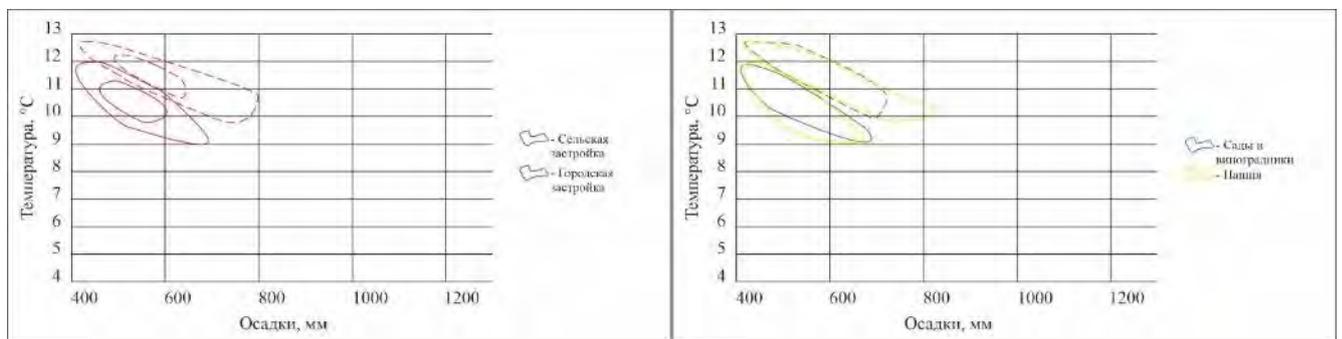


Рис. 4.9 – Положение некоторых видов природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в пространстве факторов «Температура, °С. Год» и «Осадки, мм. Год» в третий период (прямая линия) меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981-1997) и в четвертый период (пунктирная линия) меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998-2019) и их динамика [Табунщик, Горбунов, 2023]

Также интересен тот факт, что экологическая ниша городской и сельскохозяйственной застройки почти полностью связана с экологической нишей территорий с промышленным использованием. В тоже время интересен тот факт, что экологическую нишу каждого вида природопользования можно рассматривать как его количественную характеристику положения в многомерном пространстве и использовать для целей планирования и прогнозирования. В тоже время, нужно сделать оговорку, что существует проблема реального и нормативного природопользования, когда, например, земли могут принадлежать лесному фонду или землям запаса или еще куда-то быть отнесены, а по факту покрыты луговой растительностью, что существо затрудняет научный анализ и поиск [Табунщик, Горбунов, 2023].

На данный момент происходит расширение зоны интенсивной застройки в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Наиболее часто освоение идет по экстенсивному пути развития (одноэтажные строения и изъятие большого количества естественных слабо преобразованных территорий), а интенсивное освоение наблюдается только в старо освоенных районах, примыкающим к основным объектам инфраструктуры. В тоже время, экстенсивный путь развития проявляется в использовании наименее непригодных для использования пространств. На лицо, существенный рост экологической ниши городской застройки, и сужение экологической ниши естественных слабопреобразованных ландшафтов и формирование конфликта природопользования. Очевидно, что природоохранный вид природопользования и промышленный выступают взаимоисключающими видами природопользования, конкурирующими за территорию и пространство. Тем не менее, дискуссионным и требующим дальнейшей проработки, может выступить вопрос о наличии конкуренции между отдельными видами природопользования из-за того, что некоторые виды природопользования могут дополнять друг друга и находиться в симбиозе друг с другом (например, сельскохозяйственный вид природопользования может быть неразделим с рекреационным, когда, скажем отдельные специально засеваемые поля с определёнными культурами (в Крыму очень часто посеги лаванды) и одна территория используется в разное время года по разному). В некоторых случаях возможно сосуществование различных видов природопользования в пределах одного ландшафта или одной исследуемой территории. В первую очередь это связано с тем, что в факторных пространствах их экологические ниши не пересекаются. Учитывая то обстоятельство, что полностью невозможно учесть все факторы внешней среды нами предпринята попытка рассмотреть конфликты природопользования в пространстве только некоторых факторов, в которых как мы увидели выше существует явный конфликт природопользования и отсутствует конфликт природопользования, так как экологические ниши не пересекаются [Табунщик, Горбунов, 2023].

Дополнительно, нужно отметить тот факт, что, анализируя по ходу работы положения многомерной концепции экологической ниши, нельзя не упомянуть и о функциональной концепции экологической ниши. Частично этот вопрос уже затрагивался во введении при обзоре литературы, когда мы говорим о том то территория или ландшафт или экосистема могут выполнять различные функции, которые со временем трансформируются в доминирующий вид природопользования. Остановимся здесь более подробно на этом моменте. Если говорить о положении вида природопользования в факторном пространстве, то очевидно, что концепция экологической ниши является новым способом его количественной оценки, чего не скажешь про функциональные ниши. Функциональная ниша – формируется в большинстве случаев внешними факторами среды, которые либо не поддаются количественной оценке (как например,

политические решения), либо являются чрезвычайно сложными для количественной оценки (сложные экономические расчеты и получение экономической выгоды от территории/ландшафта/экосистемы). Концепция многомерной экологической ниши позволяет вводит элементы планирования для определённого ландшафта. Можно смоделировать положение ландшафта в пространстве различных факторов среды и путем сравнения выбрать наиболее пригодные ландшафты для определённых видов природопользования. Использование количественных значений величин конфликтов природопользования является важным элементом при геоэкологической оценке. Анализ публикаций, выполненный нами, показывает, что конфликты природопользования учитываются только качественно и в основном просто описываются случаи негативного использования той или иной территории. В связи с этим количественная характеристика меры пересечения экологических ниш может служить одним из критериев при геоэкологической оценке территории [Табунщик, Горбунов, 2023].

4.4. Антропогенная преобразованность территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с использованием ArcGIS 10 рассчитаны различные коэффициенты антропогенной преобразованности территории в пределах бассейнов, которые представлены в таблице 4.5. Как видно из таблицы 4.5, наибольшие значения показателей преобразованности характерны для территории бассейна реки Западный Булганак, что связано с отсутствием в пределах бассейна крупных ООПТ и слабоизмененных территорий. В тоже время для бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек, Черная все рассматриваемые показатели значительно ниже, хотя и не однородны. В целом же наблюдается тенденция к уменьшению показателей преобразованности территории в бассейнах северо-западного склона Крымских гор с севера на юг – от бассейна реки Западный Булганак до бассейна реки Черная. Для оценки преобразованности территории в пределах каждого бассейна, рассматриваемая территория была разбита на ячейки площадью 1 кв. км имеющие форму шестиугольника и для каждой ячейки произведен расчет показателей преобразованности территории [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022]. Полученные результаты представлены на рисунке 4.10.

Таблица 4.5 – Сравнение значений различных показателей, характеризующих преобразованность территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022]

Показатель	Бассейн реки				
	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Коэффициент антропогенной преобразованности	6,20	3,84	3,49	3,17	2,52
Индекс антропогенной нарушенности земель	3,64	2,03	1,74	1,65	1,01
Коэффициент урбанизированности	0,17	-0,48	-0,56	-0,77	-0,95
Степень антропогенной преобразованности	4,02	2,30	1,46	1,36	1,49
Коэффициент напряженности эколого-хозяйственного баланса	11,98	0,25	0,33	0,28	0,07
Коэффициент относительной напряженности эколого-хозяйственного баланса	1,46	0,33	0,28	0,17	0,11

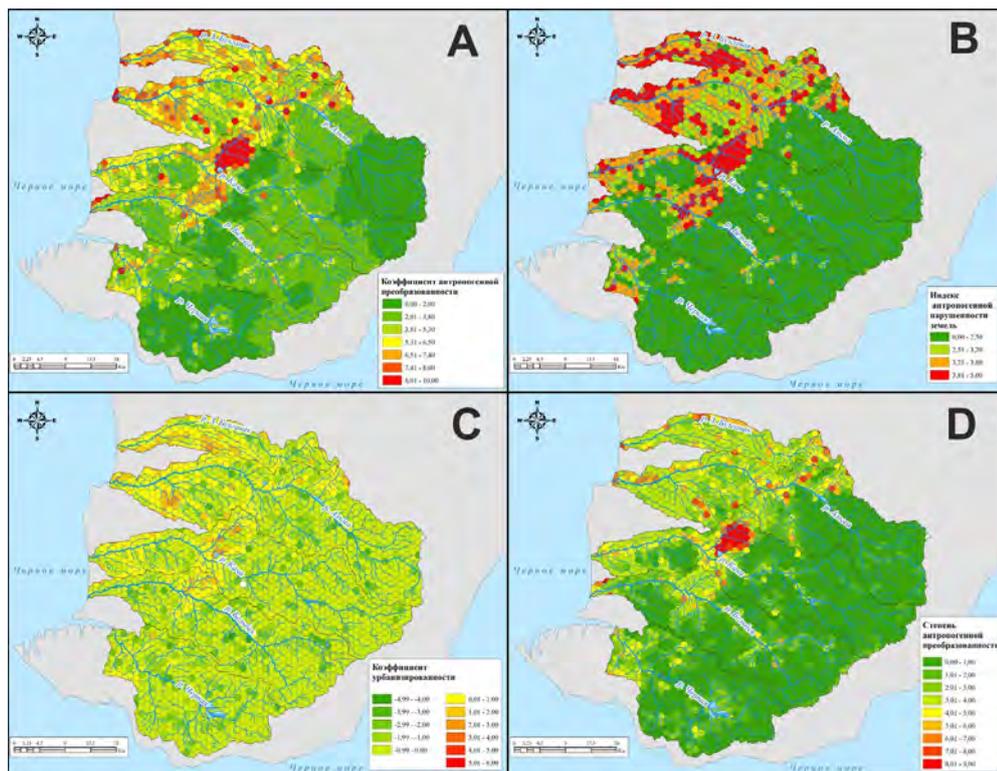


Рис. 4.10 – Преобразованность территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: А – коэффициент антропогенной преобразованности; В – индекс антропогенной нарушенности земель; С – коэффициент урбанизированности; D – степень антропогенной преобразованности [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022]

Учитывая тот факт, что различные коэффициенты показывают различные результаты, в силу различных методик расчета, то было принято решение провести кластерный анализ всех рассчитанных коэффициентов в бассейнах. Для оценки преобразованности, которая бы учитывала все вышеперечисленные коэффициенты, был произведен кластерный анализ суббассейнов с использованием дополнительного модуля «Attribute based clustering» программного комплекса QGIS 3.26 на 3 однотипных кластера. Анализ четырех рассмотренных показателей позволяет нам провести кластерный анализ и выделить в пределах речных бассейнов северо-западного склона Крымских гор низкотрансформированные, среднетрансформированные и высокотрансформированные территории. Полученные результаты показаны на рисунке 4.11.

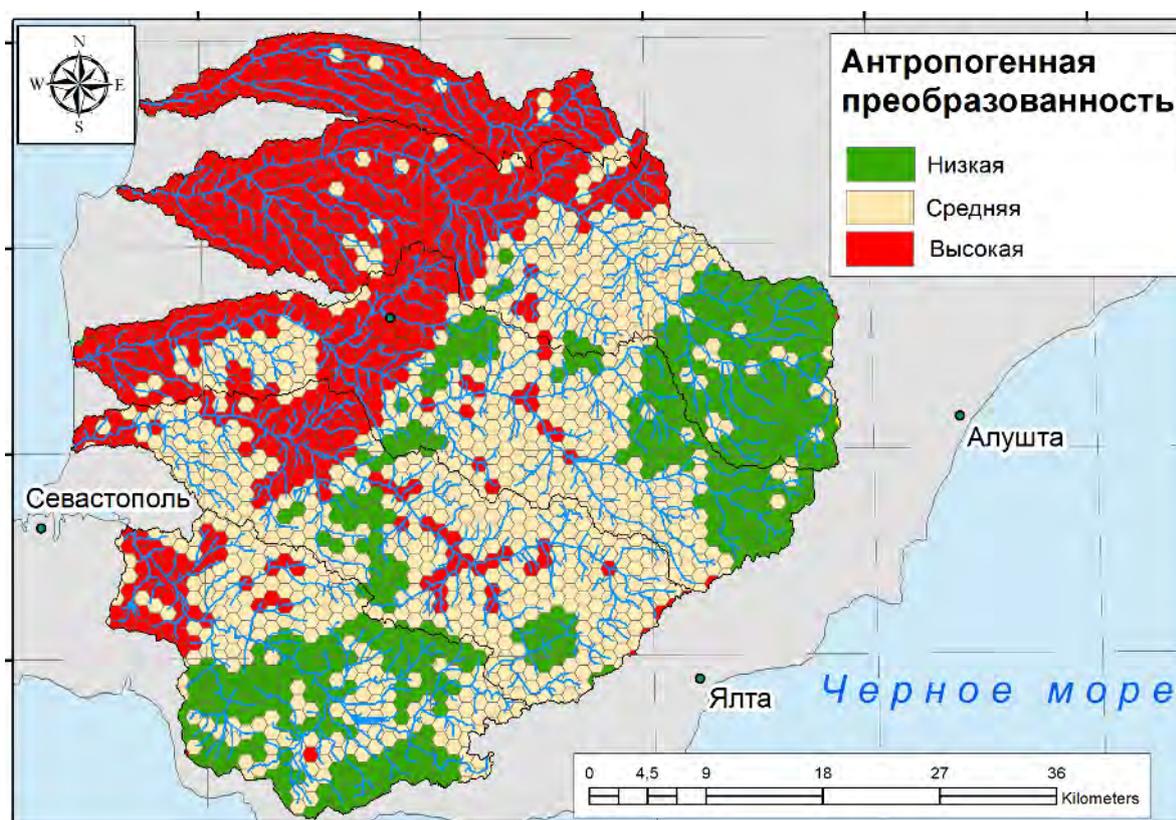


Рис. 4.11 – Кластерный анализ значений антропогенной преобразованности (на основании данных о коэффициенте антропогенной преобразованности; индексе антропогенной нарушенности земель; коэффициенте урбанизированности; степени антропогенной преобразованности) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova, 2022]

В пределах каждого бассейна показатели преобразованности территории увеличиваются с юго-востока на северо-запад. Средние значения, полученные в результате анализа гексагональной сети полигонов, отличаются от значений, рассчитанных для территории каждого бассейна в целом (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Сравнение средних значений различных показателей, характеризующих преобразованность территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная), рассчитанные по ячейкам шестиугольников [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022]

Показатель	Бассейн реки				
	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Коэффициент антропогенной преобразованности	6,23	3,90	3,48	3,21	2,46
Индекс антропогенной нарушенности земель	3,63	2,07	1,75	1,67	1,03
Коэффициент урбанизированности	0,26	-0,15	-0,14	-0,37	-0,42
Степень антропогенной преобразованности	4,02	2,34	1,87	1,39	1,39

Учитывая тот факт, что рассмотренные выше формулы для определения преобразованности территории оперируют практически с одними и теми же видами землепользования, включая или исключая отдельные виды и присваивая им различные ранги для оценки преобразованности, то, для того чтобы оценить связь между этими показателями, для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор рассчитаны коэффициенты корреляции для выбранных пар показателей. Очень сильная связь характерна для пары «Коэффициент антропогенной преобразованности» и «Индекс антропогенной нарушенности земель» и составляет 0,96, а также для пары «Коэффициент антропогенной преобразованности» и «Степень антропогенной преобразованности» и составляет 0,92. Для пар «Коэффициент антропогенной преобразованности» и «Коэффициент урбанизированности», а также «Коэффициент урбанизированности» и «Индекс антропогенной нарушенности земель», «Степень антропогенной преобразованности» и «Коэффициент урбанизированности» составляет 0,40-0,42 что говорит о слабых значениях связи коэффициента корреляции. Таким образом можно говорить, что рассматриваемые показатели позволяют произвести разностороннюю оценку преобразованности территории. Полученные средние значения, рассчитанные на основании грида гексагональных ячеек для каждого бассейна, незначительно разнятся от значений показателей, рассчитанных для каждого бассейна в целом, за исключением расчета показателей

коэффициента урбанизированности, где разброс значений достигает 50%. В тоже время общая тенденция также сохраняется – преобразованность территории бассейна уменьшается от бассейна реки Западный Булганак на севере до бассейна реки Черная на юге [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

По [Шищенко, 1988], территория бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) располагается в пределах трех ландшафтных областей, с различными показателями коэффициента антропогенной преобразованности. Согласно [Шищенко, 1988] бассейн р. Западный Булганак и низовья рек Альма, Кача, Бельбек и Черная располагаются в пределах центрально-крымской равнинной и предгорно-лесостепной ландшафтных областей и являются сильно преобразованными (6,51-7,4), в то время как верховья рек относятся к горнолесной с остепненными лугами ландшафтной области и являются слабо преобразованными (2,0-3,8). Однако, по нашим расчетам в пределах шестиугольных ячеек получились значения коэффициента антропогенной преобразованности менее 2,0 и более 8,0 что указывает на необходимость ввода дополнительных классов значений. В связи с этим для оценки коэффициента антропогенной преобразованности использована модифицированная шкала значений коэффициента, представленная в работах [Калинчук, Михайлов, Позаченюк, 2016; Михайлов, 2012], позволяющая показать большую пространственную неоднородность в пределах каждой ячейки шестиугольного грида.

Рассмотрим преобразованность территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) в сравнении с другими регионами Крымского полуострова. В работе [Калинчук, Михайлов, Позаченюк, 2016] И.В. Калинчук с соавторами в рамках исследования антропогенной преобразованности Равнинного Крыма частично приводят расчеты коэффициента антропогенной преобразованности в низовье бассейнов рек Западный Булганак и Альма. Так нижняя часть бассейна характеризуется очень сильно преобразованным ландшафтам, что соответствует значению коэффициента антропогенной преобразованности от 7,41 до 8. Чуть выше по течению, территория характеризуется сильнопреобразованными ландшафтами, что соответствует значению коэффициента антропогенной преобразованности от 6,51 до 7,4. Несмотря на то что в [Калинчук, Михайлов, Позаченюк, 2016] использованы ячейки в форме квадратов со стороной 5 км, косвенно эти результаты соотносятся с полученными нами [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

Е.И. Ергина и А.Ю. Шадрин [Ергина, Шадрин, 2016] рассчитали коэффициент антропогенной преобразованности для территории Керченского полуострова и отнесли ландшафты Керченского полуострова к среднепреобразованным, со значением коэффициента 6,4. Е.А. Петлюкова в работе [Петлюкова, 2014] приводит расчеты коэффициента антропогенной

преобразованности для ландшафтов Центрального Предгорья Главной гряды Крымских гор, который составляет 6,52 что соответствует сильно преобразованным ландшафтам. Т.М. Чекмарева и М.А. Сидорова [Чекмарева, Сидорова, 2013] в работе проводят оценку антропогенной преобразованности ландшафтов поселка Кача и указывают что коэффициент антропогенной преобразованности составляет 9,6, что позволяет отнести ландшафты поселка Кача к очень сильно преобразованным. В.А. Табунщик в работе [Табунщик, 2016] указывает, что ландшафты Джанкойского района Республики Крым относятся к сильно преобразованным и коэффициент антропогенной преобразованности составляет 7,15.

В.П. Палиенко с соавторами указывают [Изменение рельефа территории..., 2006], что в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор верховья бассейнов характеризуются слабым антропогенным воздействием от железнодорожного транспорта, а низовья бассейнов – слабым воздействием, и в тоже время – антропогенное воздействие автомобильного транспорта на природную среду характеризуется как сильное.

Дунаева Е.А. и Коваленко П.И. в работе [Дунаева, Коваленко, 2013], при оценке экологического состояния отдельных бассейнов рек Крымского полуострова на основании показателя землепользования, указывают, что бассейн реки Черная характеризуется экологическим состоянием близким к норме, бассейн реки Бельбек – удовлетворительным экологическим состоянием, бассейны рек Альма и Кача – хорошим экологическим состоянием, а оценка экологического состояния для бассейна реки Западный Булганак не приводиться.

В тоже время можно говорить, что по мнению Н.Ф. Глазовского с соавторами [Критические экологические районы..., 1991, С. 14] на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор экологическая ситуация не является острой, в отличии от территории Южного берега Крыма и равнин Центральной части Крымского полуострова.

Т.В. Иванкова в работе [Иванкова, 2019] приводит расчеты преобразованности территории нескольких ключевых участков, расположенных в бассейне реки Альма выполненный по методике Б.И. Кочурова, однако сравнить эти данные с нашими не представляется возможным в силу вышеописанных причин. В тоже время в работе [Иванкова, 2019] присутствует карта степени антропогенной нагрузки, представляющая собой разбивку территории бассейна реки Альма по категориям нагрузки, которая визуалью соотносится с нашими данными.

И.В. Алексашкин с соавторами в работе [Алексашкин, Горбунов, Завалишина, 2009] показывают, что ландшафты окрестностей с. Трудолюбовка Бахчисарайского района Республики Крым характеризуются средним отклонением от нормы экологического состояния, однако провести сравнение с рассмотренными нами показателями не представляется возможным.

Полученные нами результаты антропогенной преобразованности схожи с результатами полученными в [Лычак, Бобра, 2012, С. 150] в целом для Крымского полуострова, однако представляют собой более детальное исследование, выполненное в более мелком масштабе.

Интересно сравнить значение коэффициента антропогенной преобразованности рассматриваемых бассейнов с преобразованностью в бассейнах прочих рек Крымского полуострова. Так, для бассейна реки Салгир, Е.А. Позаченюк с соавторами [Анализ факторов..., 2014] рассчитали коэффициент антропогенной преобразованности который составил 6,1. Это позволило отнести ландшафты бассейна реки Салгир к средне преобразованным. В тоже время в работе [Анализ факторов..., 2014] приводится пространственное распределение коэффициента антропогенной преобразованности в пределах бассейна реки Салгир – 0,5% территории бассейна занимают непреобразованные ландшафты (менее 2 баллов), слабо преобразованные (2,01-3,8 балла) – 14%, преобразованные (3,81-5,3 балла) – 12% средне преобразованные (5,31-6,5 балла) – 17%, сильно преобразованные (6,51-7,4 балла) – 22%, очень сильно преобразованные (7,41-8,0 балла) – 32%, трансформированные (более 8 баллов) – 2,5%.

Если сравнить эти данные со значениями коэффициента антропогенной преобразованности в пределах бассейнов рассматриваемых рек, то можно заметить, что они менее преобразованы (рис. 4.12), за исключением бассейна реки Западный Булганак.

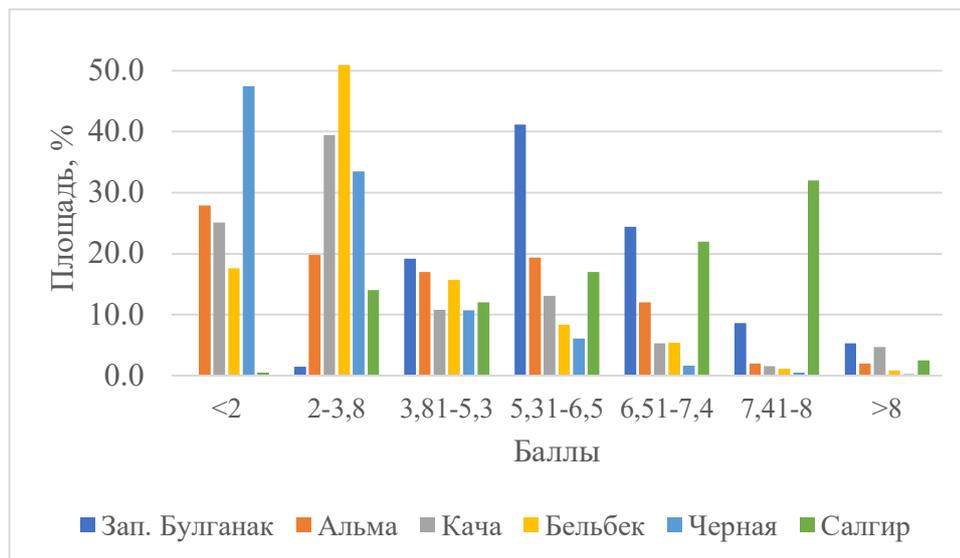


Рис. 4.12 – Распределение коэффициента антропогенной преобразованности в бассейнах рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная и Салгир

Это объясняется наличием в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Альма, Кача, Бельбек, Черная) крупных ООПТ, лесных массивов и незначительным количеством пашни, садов, виноградников, населенных пунктов.

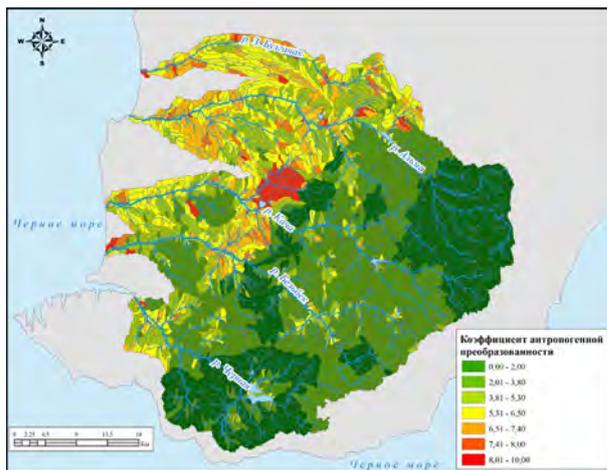
Если рассматривать характеристику коэффициентов относительной и абсолютной напряженности эколого-хозяйственного баланса территории, то можно обратиться к работе [Ошкадер, Степанова, 2016]. Несмотря на то, что в работе [Ошкадер, Степанова, 2016] расчет выполнен для административных районов Крыма, частично полученные данные подлежат сравнению. Так как территорию рассматриваемые бассейны рек лежат в большинстве в пределах города Севастополя и Бахчисарайского района Республики Крым, то можно сравнить значения. По [Ошкадер, Степанова, 2016] для г. Севастополь и Бахчисарайского района Республики Крым коэффициент абсолютной напряженности эколого-хозяйственного баланса лежит в диапазоне от 1 до 2,9, а коэффициент относительной напряженности эколого-хозяйственного баланса для города Севастополь – более 2,5, а для Бахчисарайского района – менее 2,5. Эти данные значительно превышают полученные нами, что связано с различными исходными данными для оценки эколого-хозяйственного баланса. В работе [Ошкадер, Степанова, 2016] для расчетов использованы материалы Республиканской программы использования и охраны земель в Крыму на 2010–2015 г., а также данные Государственного земельного кадастра, а наши подсчеты проведены с опорой на дешифрирование космических снимков [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

Нельзя не согласиться с мнением, высказанным в работе [Лычак, Бобра, 2012, С. 137], о том, что на данный момент происходит антропогенная экотонизация, окружающего нас пространства, в результате дробления изначально относительно однородных (в генетико-морфологическом и структурно-функциональном отношении) ландшафтных комплексов на более мелкие сегменты антропогенного происхождения, которые представлены сильно трансформированными видами природопользования в пределах исходной территории.

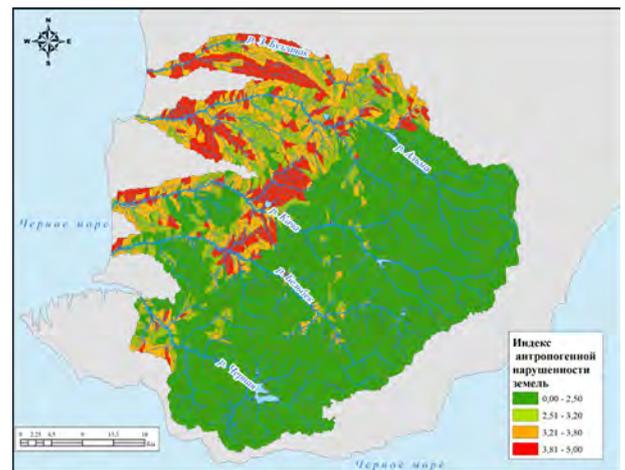
В.А. Боков с соавторами [Боков и др., 2019, С. 151] наводят нас на интересную мысль о том, что само по себе наличие преобразованных или естественных территорий не может со стопроцентной гарантией свидетельствовать о наличии или отсутствии экологических проблем, а также единичным критерием для геоэкологической оценки. Ведь, очевидно, что, скажем, стабильно существующая система агроландшафтов поддерживаемая в пределах бассейна реки не может считаться объектом пристального изучения экологических проблем, ввиду того что обладает повышенной биопродуктивностью и выполняет важные экологические функции, которые часто не уступают функциям естественных ландшафтов, существовавших на месте агроландшафтов ранее.

Таким образом, можно утверждать, что территория бассейнов наиболее крупных рек бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор характеризуется относительно низкими значениями различных показателей преобразованности территории по сравнению с другими регионами Крымского полуострова [Tabunshchik et. al., 2022].

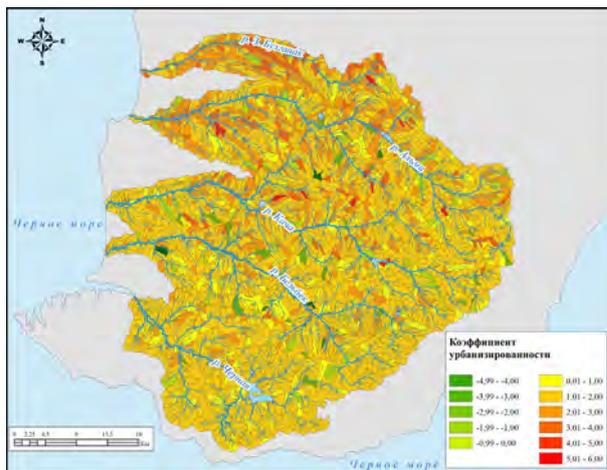
Вопрос о расчете антропогенной преобразованности бассейна реки и использовании бассейна реки как операционно-территориальной единицы в целом слабо развит, по сравнению с расчётами в пределах административно-территориальных единиц. В тоже время, подчеркивается [Бобра, 2007, С. 73], что речные бассейны удобны для расчета оптимальной территориальной структуры использования земель, поскольку представляют естественные единицы, обладающие свойствами самоорганизации. О.А. Климанова [Климанова, 2022, С. 41], отмечает, что речные бассейны – это важный объект геоэкологических исследований, часто оценка проводится именно для них как целостных объектов.



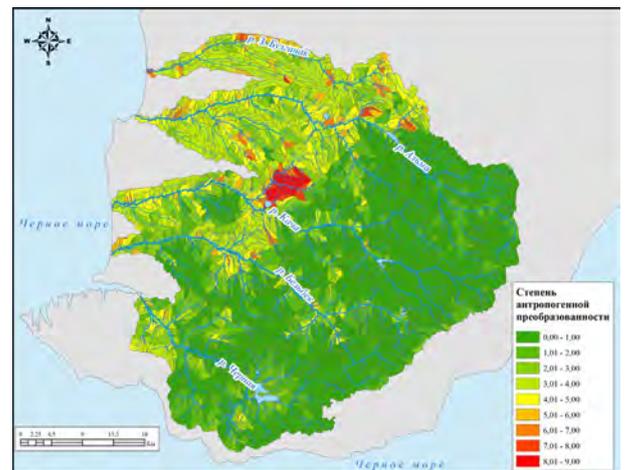
(a)



(b)



(c)



(d)

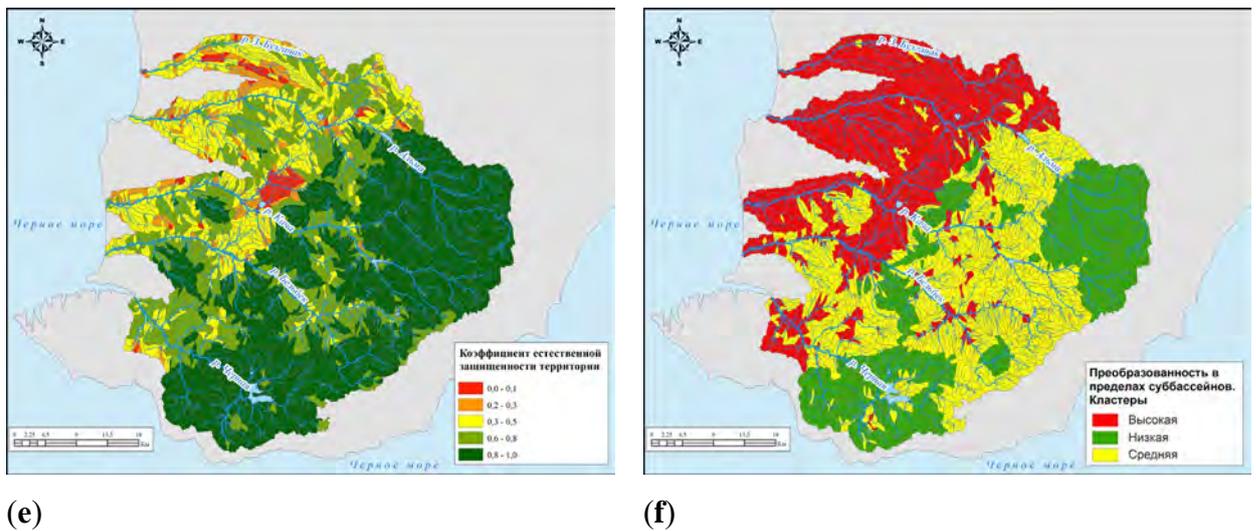


Рис. 4.13 – Значение антропогенной преобразованности в пределах суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (а) коэффициент антропогенной преобразованности; (б) индекс антропогенной нарушенности земель; (с) коэффициент урбанизированности; (д) степень антропогенной преобразованности; (е) коэффициент естественной защищенности территории; (ф) кластерный анализ преобразованности.

На рисунке 4.13 представлено пространственная дифференциация значений различных показателей антропогенной преобразованности в пределах суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Как видно из рисунка 4.13 наибольшие значения коэффициента антропогенной преобразованности и индекса антропогенной нарушенности земель наблюдаются в пределах всего бассейна реки Западный Булганак, а также в нижней и средней частях бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная. Это связано с историей освоения территории и благоприятными условиями для развития хозяйственной деятельности (благоприятный рельеф, наклон поверхности, расчленение рельефа, климат, почвы и пр.). В тоже время из рисунка 4.13 отчетливо видно, что в пределах изучаемой территории значения коэффициента антропогенной преобразованности и индекса антропогенной нарушенности земель пространственно дифференцированы и в бассейнах рек Альма, Кача, Бельбек и Черная большая часть бассейнов (особенно в верхнем течении) практически не преобразована. Это связано с тем, что здесь в основном находятся крупные ООПТ и территория покрыта лесом, а также сложными природными условиями для развития хозяйства. На рисунке 4.14 представлено распределение количества суббассейнов рек по средним значениям коэффициента антропогенной преобразованности и индекса антропогенной нарушенности земель в пределах суббассейна [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022].

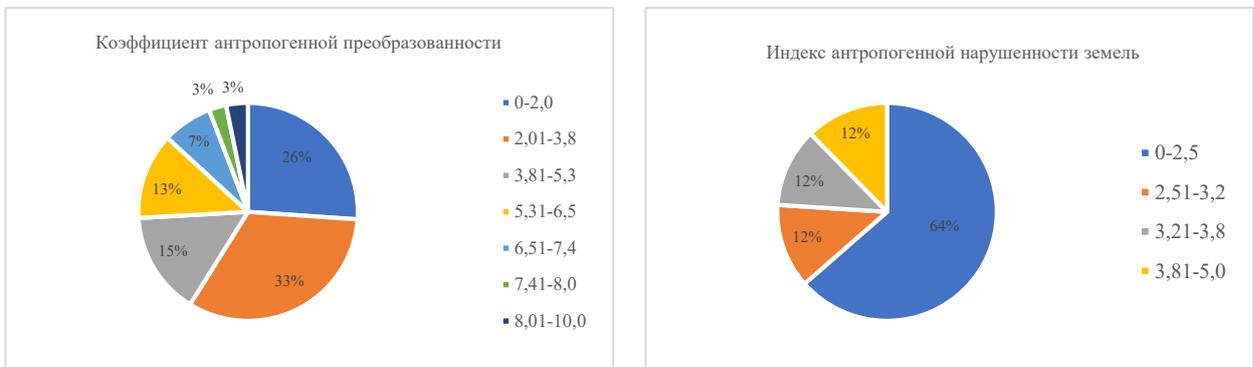


Рис. 4.14 – Средние значения коэффициента антропогенной преобразованности (слева) и индекса антропогенной нарушенности земель (справа) в пределах суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (% от общего количества суббассейнов)

Из рисунка 4.14 видно, что 64% суббассейнов в пределах рассматриваемой территории имеют значения индекса антропогенной нарушенности земель менее 2,5, а на остальные диапазоны значений приходится по 12% количества суббассейнов. Также из рисунка 4.14 видно, что в пределах 26% суббассейнов значения коэффициента антропогенной преобразованности не достигает 2, а в 33% - изменяется от 2,01 до 3,8. Таким образом можно говорить что в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор примерно 59% суббассейнов имеют средние значения коэффициента антропогенной преобразованности менее 3,8, что позволяет отнести их к непреобразованным и слабо преобразованным. Это в свою очередь позволяет считать, что рассматриваемая территория крайне уязвима в силу постоянно возрастающего антропогенного воздействия. К сильно преобразованными, очень сильно преобразованным и трансформированным (значения коэффициента антропогенной преобразованности более 6,5) относится примерно 13% суббассейнов рек.

Рисунок 4.15 показывают процентное соотношение распределения количества суббассейнов в разрезе бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная приходящихся на отдельные диапазоны значений коэффициента антропогенной преобразованности и индекса антропогенной нарушенности земель.

Из рисунка 4.15 отчетливо видно, что в бассейне реки Западный Булганак наиболее количество преобразованных суббассейнов, а наименьшее количество преобразованных суббассейнов находится в бассейне реки Черная. В бассейне реки Западный Булганак 58% суббассейнов относятся к средне преобразованным и сильно преобразованным (значения коэффициента антропогенной преобразованности от 5,31 до 7,4). В бассейнах реки Альма, Кача, Бельбек и Черная более 50% суббассейнов относятся к непреобразованным и слабо преобразованным со значением коэффициента антропогенной преобразованности менее 3,81. В

бассейне реки Альма эти значения характерны для 51% суббассейнов, Кача – 63%, Бельбек – 66%, Черная – 77%.

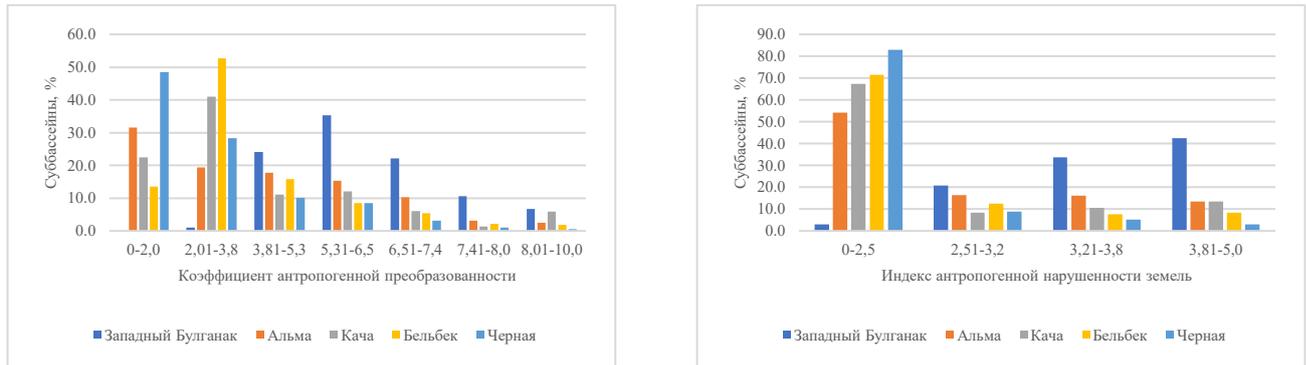


Рис. 4.15 – Средние значения коэффициента антропогенной преобразованности (слева) и индекса антропогенной нарушенности земель (справа) в пределах суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (% от общего количества суббассейнов в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная)

В тоже время, нужно сказать, что расчет коэффициента антропогенной преобразованности более четко отражает картину антропогенной преобразованности суббасейна, по сравнению с расчетом индекса антропогенной нарушенности земель, и позволяет уловить более тонкие особенности пространственной дифференциации.

По методике, описанной в разделе 2, рассчитаны основные коэффициенты преобразованности территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Расчет произведен для сетки шестиугольных ячеек и для каждого суббасейна в пределах территории исследования.

4.5. Динамика типов наземного покрова в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Учитывая тот факт, что различные наборы пространственных данных о типах наземного покрова созданы с использованием различных алгоритмов и содержат на выходе типы наземного покрова созданные по различным критериям классификации имеются сложности со сравнением различных наборов геоданных. Однако, в тоже время, легенды большинства наборов геоданных содержат информацию об одних и тех же типах (лесной, селитебный, водный) наземного покрова. Рассмотрим изменение наземного покрова в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор более подробно [Табунщик, Горбунов, 2022].

1. **Набор данных Globcover 2009** содержит данные о типах наземного покрова за один выбранный год (рис. 4.16) и, в связи с этим подробно в работе не рассматривается.

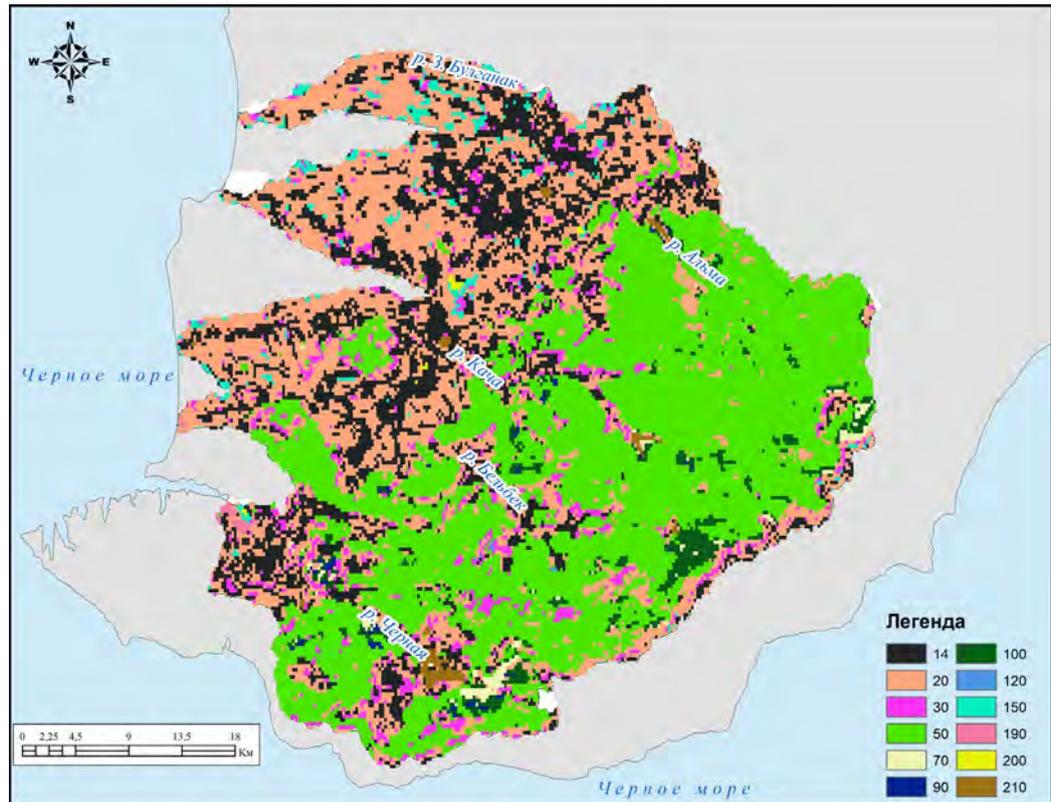


Рис. 4.16 – Набор типов наземного покрова Globcover 2009 в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная). Цифрами в легенде обозначены: 14 – Rainfed croplands; 20 – Mosaic Cropland (50-70%) / Vegetation (grassland, shrubland, forest) (20-50%); 30 – Mosaic Vegetation (grassland, shrubland, forest) (50-70%) / Cropland (20-50%); 50 – Closed (>40%) broadleaved deciduous forest (>5m); 70 – Closed (>40%) needleleaved evergreen forest (>5m); 90 – Open (15-40%) needleleaved deciduous or evergreen forest (>5m); 100 – Closed to open (>15%) mixed broadleaved and needleleaved forest (>5m); 120 – Mosaic Grassland (50-70%) / Forest/Shrubland (20-50%); 150 – Sparse (>15%) vegetation (woody vegetation, shrubs, grassland); 190 – Artificial surfaces and associated areas (urban areas >50%); 200 – Bare areas; 210 – Water bodies [Табунщик, Горбунов, 2022].

2. **Esri Land Cover** представляет наибольшую ценность с точки зрения пространственного разрешения при выполнении анализа, несомненно разрешение 10 м существенно и наиболее детальное из все вариантов, представленных в работе. Среди недостатков следует отметить то, что этот набор данных охватывает только последние несколько лет (рис. 4.17, 4.18, таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Распределение типов наземного покрова (в кв. км) в пределах бассейна реки Западный Булганак по набору данных Esri Land Cover [Табунщик, Горбунов, 2022]

	2017	2018	2019	2020	2021
Водный покров	3,8	3,8	3,7	2,8	3,1
Древесный покров	306,3	306,7	298,8	294,7	278,4
Сельскохозяйственный покров	124,4	124,4	117,1	117,0	131,3
Застроенные территории	33,9	35,2	36,6	37,8	37,5
Голые территории	1,0	1,9	1,6	1,8	0,6
Луговое и кустарниковое покрытие	162,4	159,7	174,0	177,7	180,9

В таблице 4.7 представлено распределение типов наземного покрова по набору данных Esri Land Cover в пределах бассейна реки Альма. Во всех бассейнах кроме бассейна р. Западный Булганак преобладает древесный покров, в то время как в бассейне р. Западный Булганак – сельскохозяйственный тип покрытия. Наблюдается рост количества застроенных территорий и сокращение лесопокрываемых участков. Этот набор позволяет отчетливо отличить территории без покрова, где четко выделяется территория строительства трассы Таврида. В тоже время, учитывая пространственное разрешение набора Esri Land Cover, он единственный показал изменение площадей водохранилищ естественного стока в пределах бассейнов рассматриваемой территории, которые, как показано в работе [Табунщик, 2020], в виду маловодности 2019 и 2020 гг. значительно сократили свои запасы [Табунщик, Горбунов, 2022].

3. Набор данных Land Cover CCI имеет наибольший ряд наблюдений среди всех представленных (1992-2020), однако среднее значение пространственного разрешения – 300 м, что говорит об усреднении многих классов, в пределах пикселя изображения. К тому же он содержит довольно сложную легенду (см. условные обозначения к рисунку 4.19), которая, однако, намного подробнее чем представленные в других наборах данных о наземном покрове, что придает ей большую ценность. На рисунке 4.19 представлена картографическая визуализация, а на рисунке 4.20 графики изменения типов наземного покрова в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) [Табунщик, Горбунов, 2022].



Рис. 4.17 – Изменение площади типов наземного покрова по набору данных Esri Land cover в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с 2017 по 2021 гг. [Табунщик, Горбунов, 2022]

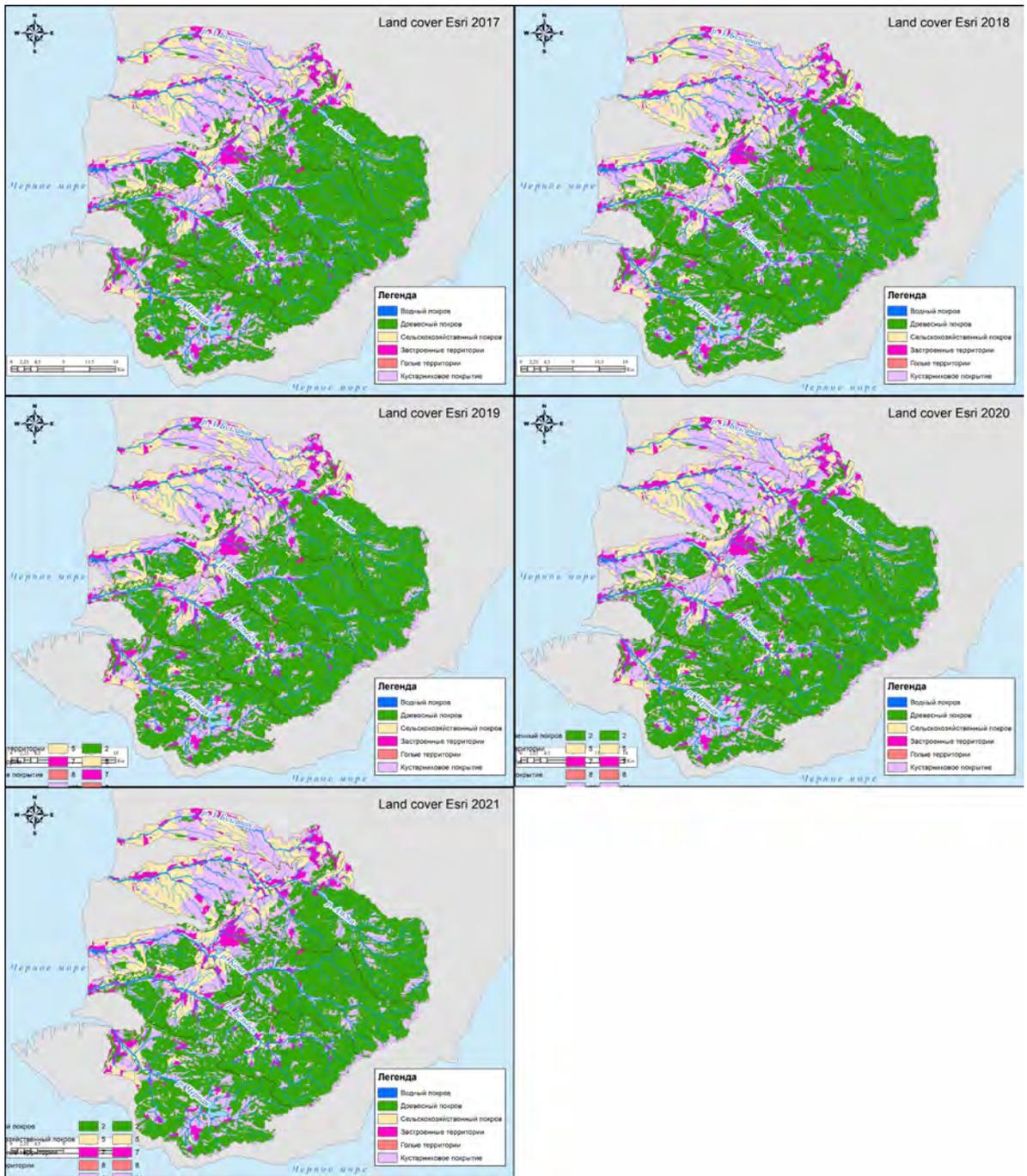


Рис. 4.18 – Land cover Esri в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) в 1992 году [Табунщик, Горбунов, 2022]

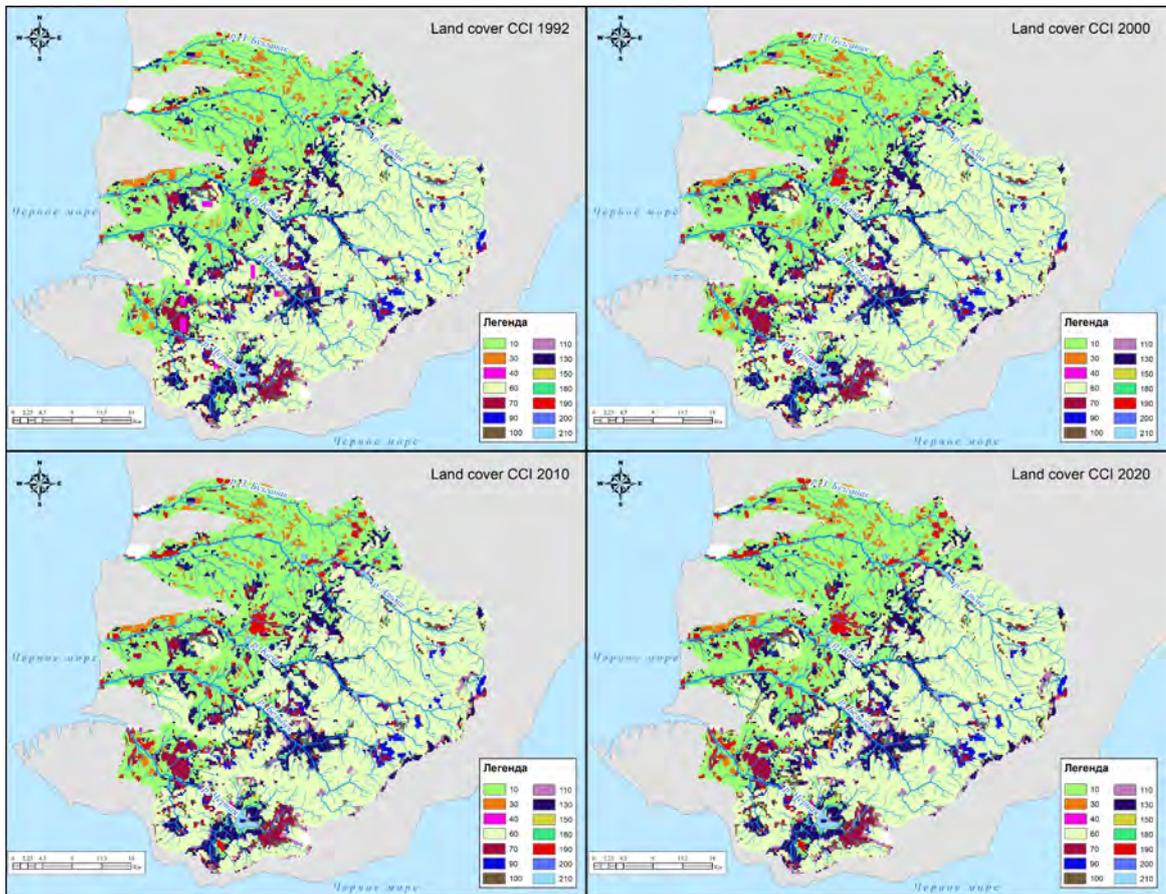


Рис. 4.19 – Land cover CCI в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) в 1992 – 2020 гг. Цифрами на картах обозначены: 10 – Пахотные земли; 30 – Мозаичные пахотные земли (>50%) / естественная растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (<50%); 40 – Мозаичная естественная растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (>50%) / пахотные земли (<50%); 60 – Древесный покров, широколиственный, лиственный, закрытый или открытый (>15%), 70 – Древесный покров, хвойный, вечнозеленый, закрытый или открытый (>15%); 90 – Древесный покров, смешанный тип листьев (широколиственный и хвойный); 100 – Мозаичные деревья и кустарники (>50%) / травянистый покров (<50%); 110 – Мозаичный травянистый покров (>50%) / деревья и кустарники (<50%); 130 – Луга; 150 – Редкая растительность (деревья, кустарники, травянистый покров) (<15%); 180 – Кустарниковый или травянистый покров, затопленный, пресная/солёная/пресная вода; 190 – Селитебные территории; 200 – Голые участки; 210 – Водные объекты [Табунщик, Горбунов, 2022].



Рис. 4.20 – Изменение площади типов наземного покрова по набору данных Land cover ССИ в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с 1992 по 2020 гг. [Табунщик, Горбунов, 2022]

Анализ изменения типов наземного покрова по набору данных Land cover ССИ в пределах рассматриваемой территории показывает, что с 1992 по 2020 гг. площади земель под селитебными территориями увеличилась в 2,6 раза, также примерно в 1,5 раза произошло увеличение территорий с мозаичным покровом из травянистых растений, деревьев и кустарников. Увеличение вышеупомянутых типов наземного покрова, при неизменной конфигурации и площади бассейнов, связано в первую очередь с сокращением лесов и древесного покрова с покрытием более 15%. В общем на рассматриваемой территории площадь древесного (лесного) покрытия уменьшилась примерно на 85 кв. км, т.е. примерно на 7%. В общем аналогичная ситуация характерна и для каждого бассейна по отдельности, за исключением бассейна р. Западный Булганак, обособляющегося в силу его значительного хозяйственного освоения. Здесь рост урбанизированного покрова отчетливо наблюдается за счет сокращения сельскохозяйственного покрова поверхности земли. В бассейне реки Черная

наблюдается рост селитебного покрова поверхности в 3,8 раза, в бассейне реки Бельбек – в 2,7 раза, в бассейне реки Кача – в 1,9 раза, в бассейне реки Альма – в 2,7 раза, в бассейне реки Западный Булганак – в 3,1 раза. В бассейнах рек Альма, Кача, Черная и Бельбек наиболее сократилась площадь древесного покрова с проективным покрытием более 15% [Табунщик, Горбунов, 2022].

Верификация данных, представленных на моделях Land cover, проводилась путем сравнения значений реальной картины, существующей на выбранный год по космическим снимкам и полученной по результатам обработки модели Land cover за выбранный год. Для этого в пределах каждого бассейна создана сетка нерегулярных случайных полигонов с разрешением модели Land cover ССИ (300*300 м) в которых и проводилось сравнение. Точность рассматриваемых данных для бассейна реки Черная составила 86%, для бассейна реки Бельбек – 90%, для бассейна реки Кача – 90%, для бассейна реки Альма – 92%, для бассейна реки Западный Булганак – 96%. Еще одним фактором, подтверждающим визуальную верификацию моделей Land cover ССИ, является наличие на геоданных за 2020 год выраженных изменений территории и Land cover ССИ вдоль прохождения трассы Таврида (особенно в бассейне реки Бельбек). Так же косвенно точность данных подтверждает и наличие водных объектов, которые в пределах рассматриваемой территории за период с 1992 по 2020 гг. оставались практически с неизменной площадью в рамках масштаба данной модели [Табунщик, Горбунов, 2022].

4.6. Загрязнение воздуха в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

4.6.1. Среднегодовая изменчивость концентрации химических веществ в атмосфере в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

Пространственное распределение полей загрязняющих веществ в атмосфере за 2018, 2019, 2020, 2021 и 2022 гг. в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор представлено на рисунках 4.21-4.26 и в таблице 4.8. На рисунке 4.21 представлено распределение среднегодовых значений содержания диоксида серы (SO_2) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор за период с 2019 года по 2022 год. Как видно из рисунка 4.20 распределение среднегодового поля значений диоксида серы носит сложный характер. Наименьшие значения концентрации диоксида серы в атмосфере характерны для нижнего течения рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная, а наибольшие концентрации –

для центральных частей рассматриваемых бассейнов рек и верхней части бассейна реки Западный Булганак.

Таблица 4.8 – Среднегодовые значения концентрации в атмосфере в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

Показатель. Среднее значение	Год	Бассейн реки				
		Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
АІ	2018	-0,89	-0,96	-0,94	-0,97	-0,96
	2019	-1,07	-1,12	-1,13	-1,12	-1,15
	2020	-1,35	-1,42	-1,40	-1,41	-1,43
	2021	-0,88	-0,91	-0,91	-0,92	-0,91
	2022	-0,31	-0,38	-0,37	-0,38	-0,37
СН ₄ (моль/моль)	2019	1858,7	1837,6	1831,4	1828,7	1858,4
	2020	1880,8	1858,6	1857,8	1873,6	1861,1
	2021	1884,5	1872,8	1869,8	1875,6	1893,6
	2022	1889,7	1876,4	1877,6	1881,6	1881,0
СО (моль/м ²)	2018	0,031	0,030	0,030	0,030	0,031
	2019	0,033	0,032	0,031	0,031	0,032
	2020	0,033	0,032	0,032	0,032	0,033
	2021	0,035	0,034	0,033	0,033	0,034
	2022	0,031	0,030	0,030	0,030	0,030
НСНО (моль/м ²)	2018	0,000048	0,000043	0,000041	0,000039	0,000041
	2019	0,000099	0,000098	0,000101	0,000105	0,000099
	2020	0,000086	0,000086	0,000089	0,000088	0,000092
	2021	0,000082	0,000078	0,000084	0,000081	0,000089
	2022	0,000081	0,000084	0,000083	0,000086	0,000089
NO ₂ (моль/м ²)	2018	0,000027	0,000023	0,000022	0,000021	0,000023
	2019	0,000025	0,000022	0,000022	0,000021	0,000023
	2020	0,000025	0,000022	0,000021	0,000021	0,000022
	2021	0,000025	0,000022	0,000021	0,000020	0,000021
	2022	0,000025	0,000023	0,000022	0,000021	0,000022
SO ₂ (моль/м ²)	2019	0,00019	0,00017	0,00015	0,00015	0,00012
	2020	0,00024	0,00025	0,00025	0,00020	0,00016
	2021	0,00012	0,00015	0,00016	0,00017	0,00016
	2022	0,00018	0,00020	0,00018	0,00017	0,00017

На рисунке 4.22 показана изменчивость среднегодовых значений концентрации диоксида азота в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Из рисунка 5.20 отчетливо видно, что максимальные концентрации диоксида азота характерны над крупными городами – Севастополь, Симферополь, Бахчисарай, а также вдоль прохождения крупных автодорог, соединяющих эти населенные пункты. Наименьшие концентрации диоксида азота характерны для территории в верховьях бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная, где наблюдается минимальные значения антропогенного воздействия на экосистемы .

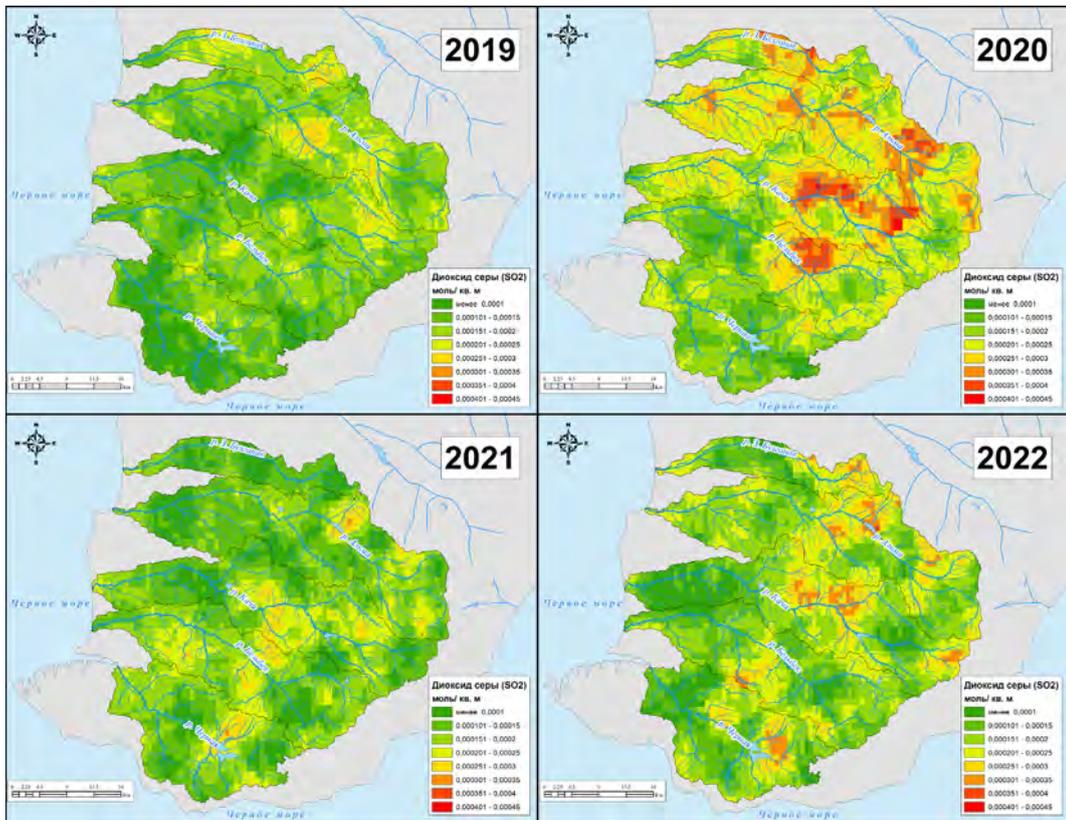


Рис. 4.21 – Распределение содержания диоксида серы (SO₂) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

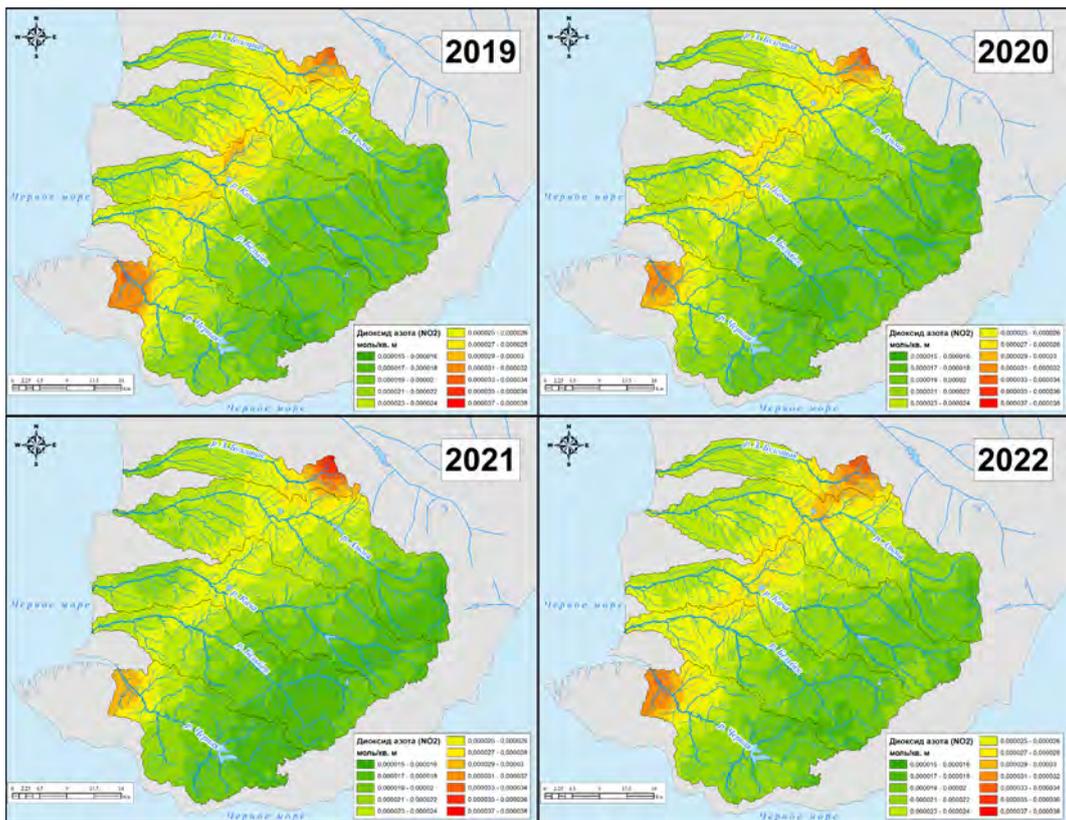


Рис. 4.22 – Распределение содержания диоксида азота (NO₂) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

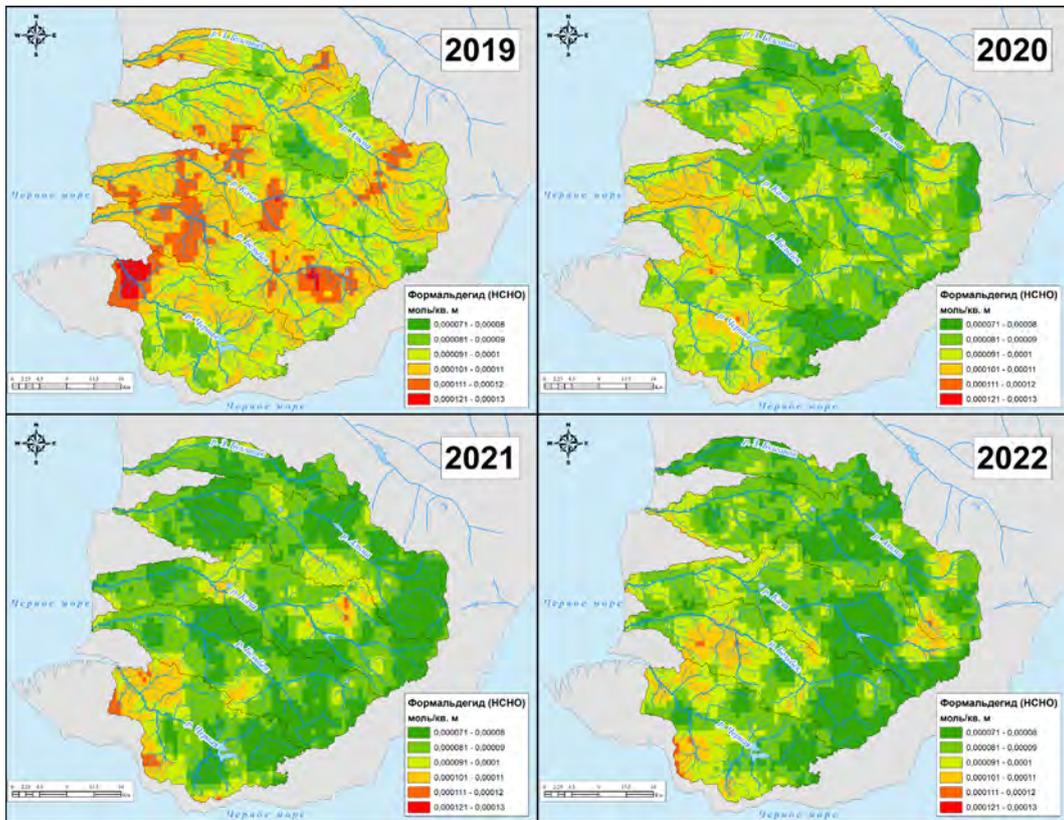


Рис. 4.23 – Распределение содержания формальдегида (НСНО) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

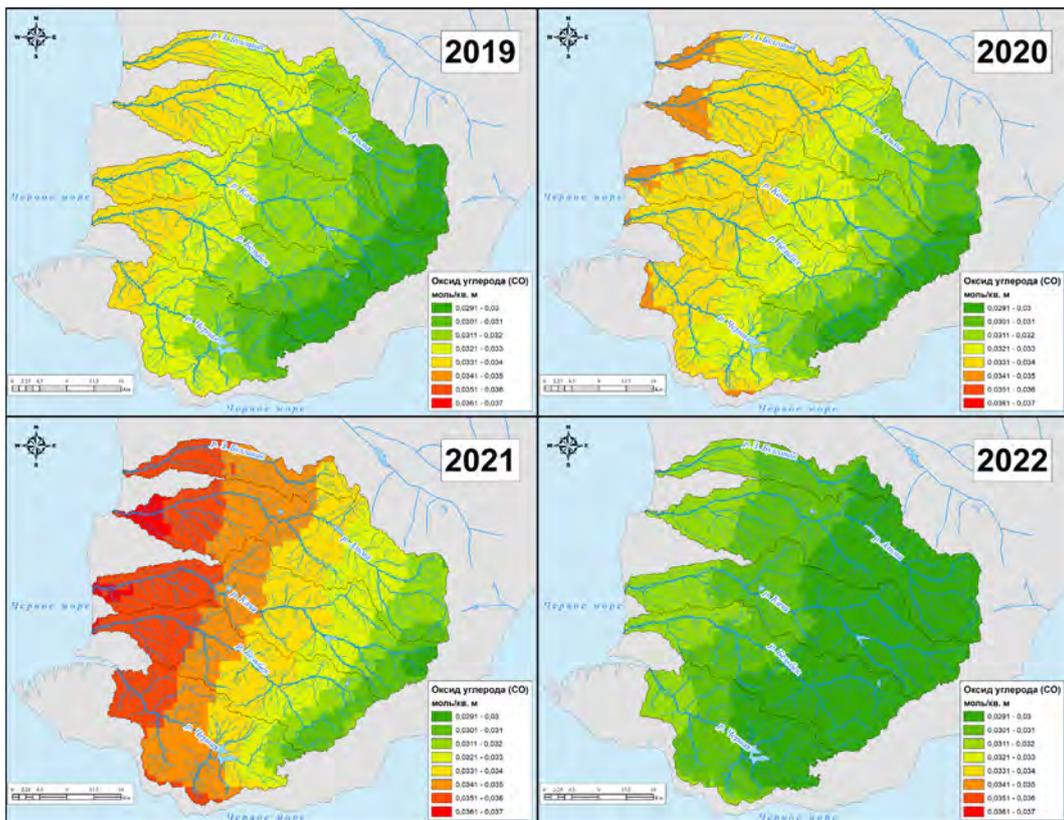


Рис. 4.24 – Распределение содержания оксида углерода (СО) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

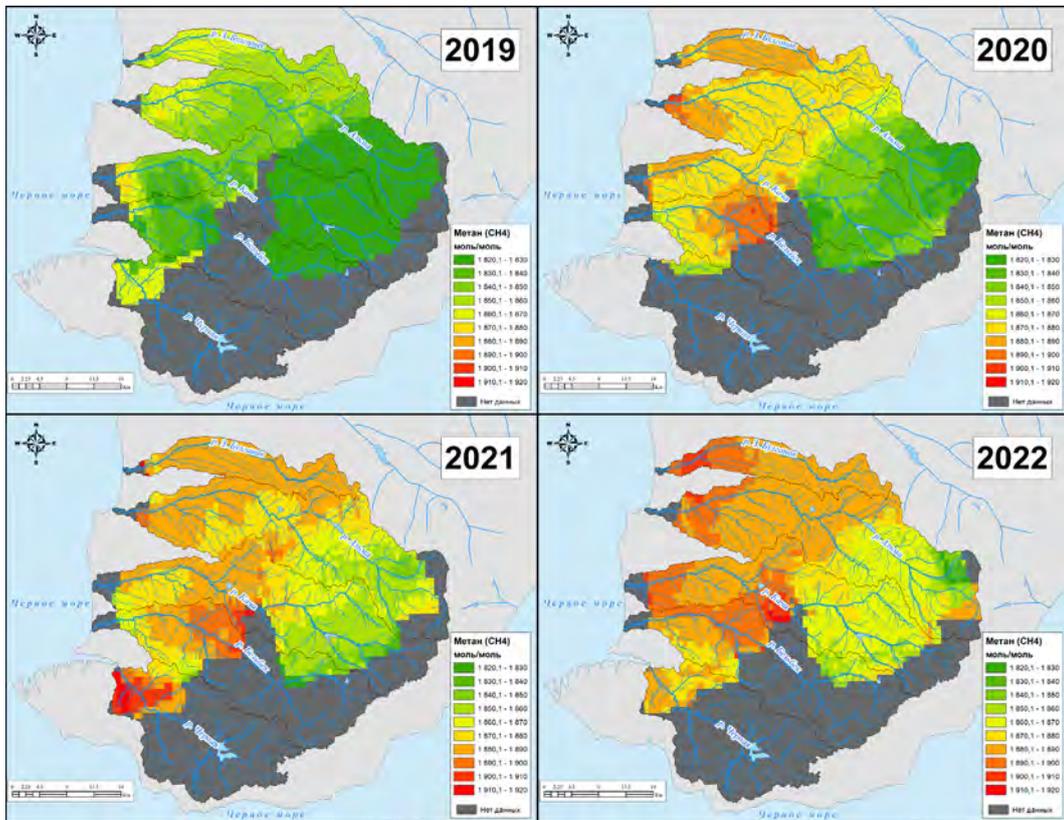


Рис. 4.25 – Распределение содержания метана (CH₄) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

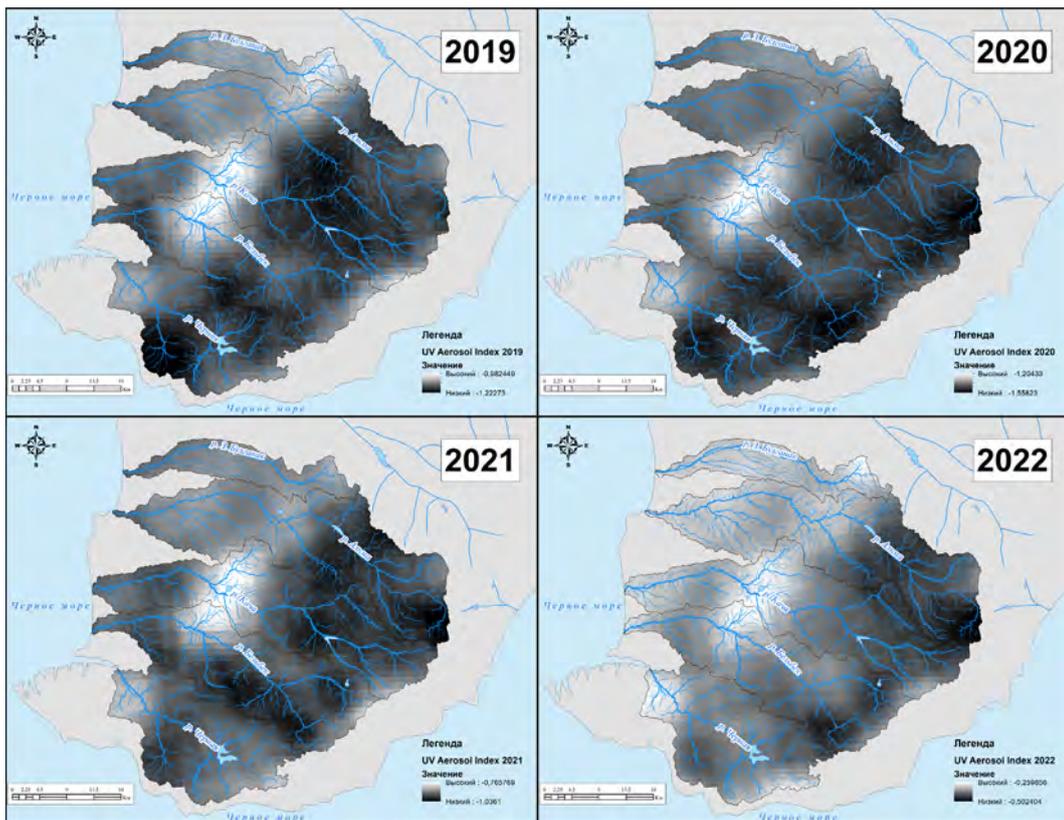


Рис. 4.26 – Распределение содержания аэрозолей в атмосфере в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

На рисунке 4.23 показана пространственно-временная изменчивость поля значений концентрации формальдегида в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, которое достигает максимальных значений в юго-западной части исследуемой территории (особенно в районе города Севастополь и окрестностях), а минимальных значений в центральной части.

Концентрация значений оксида углерода на исследуемой территории уменьшается с северо-запада на юго-восток (рисунок 4.24), что связано с возрастающей ролью появления в этом направлении лесных экосистем и сокращение численности населения и промышленного производства. В целом поле значений содержания оксида углерода имеет довольно простую структуру и слабо подвержено изменчивости.

Рисунок 4.25 показывает изменение содержания метана с 2019 по 2022 года в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Для исследования значений поля распределения значений метана в атмосферном столбе имеется неполный ряд данных, в связи с чем полностью для все исследуемой территории невозможно установить целостную картину. Однако, можно отметить, что имеющихся данных достаточно для того, чтобы наблюдать закономерность увеличения концентрации метана с запада на восток и формирования очагов локализации вдоль крупных населенных пунктов.

На рисунке 4.26 представлено изменение значений аэрозольного индекса, который показывает наличие аэрозольных шлейфов от вспышек пыли, сжигания биомассы, а в некоторых регионах вулканического пепла. Наибольшие значения аэрозольного индекса достигаются в районе города Бахчисарай, что связано с работой промышленных предприятий являющихся источниками выбросов в городе и окрестностях. Также большие значения характерны для дорог, связывающих города Севастополь и Симферополь, нижнего течения рек, а наименьшие для верхнего течения рек, хотя локально здесь на распределение значений оказывает влияние городов, расположенных вдоль Южного берега Крыма.

В целом на рассматриваемых рисунках 4.21-4.26 отчетливо видна пространственно-временная изменчивость содержания в атмосфере диоксида серы, диоксида углерода, формальдегида, оксида углерода, метана и аэрозольного индекса.

Таблица 4.8 показывает изменение среднегодовых значений рассматриваемых показателей в разрезе каждого речного бассейна. В целом можно говорить, что наблюдаются незначительные изменения от года к году со спадом в 2020-2021 гг. и последующим ростом. Сокращение значения содержания в атмосфере различных загрязнителей связано с влиянием жестких ограничений, введенных во время пандемии Covid-19 в 2020 году, и частичных ограничений в 2021 году, а также влиянием эффекта суммации и как следствие очищением атмосферы. Также стоит отметить, что увеличение концентрации загрязняющих веществ связано

еще и с тем, что в 2021 году введена в эксплуатацию четырехполосная трасса Таврида, которая существенным образом сейчас оказывает воздействие на состояние атмосферы в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

4.6.2. Сравнение концентрации с фоновыми значениями в пределах ООПТ

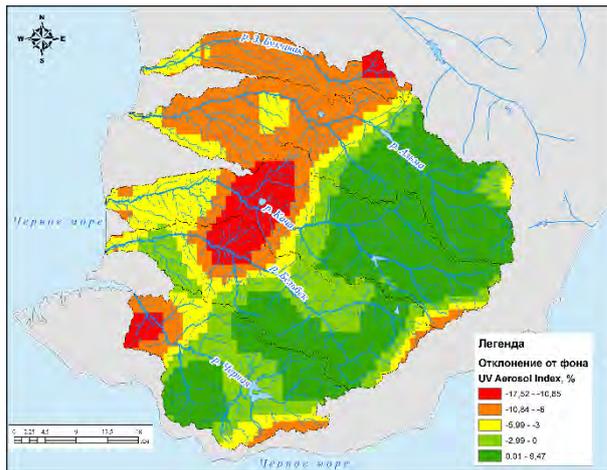
Так как невозможно сравнить полученные данные с ПДК, то был предложен вариант оценки с использованием отклонения от фонового значения характерного для территории ООПТ. Для оценки отклонения от нормы были использованы фоновые значения показателей характерные для ООПТ, расположенных в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор. Для этого были рассчитаны средние значения рассматриваемых показателей с июля 2018 года по февраль 2023 года в пределах всех ООПТ, которые расположены в бассейнах рек северо-восточного склона Крымских гор.

Фоновое значение в пределах ООПТ диоксида азота составило $0,00002$ моль/м², диоксида серы – $0,00018$ моль/м², оксида углерода – $0,031$ моль/м², формальдегида – $0,0000877$ моль/м², метана 1850 моль/моль. Фоновое значение аэрозольного индекса $-0,96$. Отклонение значений для каждого пикселя изображения от фона (в процентах) представлено на рисунке 4.27. Как можно видеть из рисунка 4.27 в целом по всем показателям (за исключением диоксида серы) наибольшие отклонения характерны для центральной части района исследования, нижнего течения бассейнов рассматриваемых рек. Сложная картина распределения поля диоксида серы и отклонения от фоновых значений для диоксида серы объясняется социально-экономическими факторами, в частности отоплением жилищ углем и переноса с расположенных рядом с Симферополем промышленных объектов. Также необходимо учитывать тот факт, что по сравнению с 2018 годом наблюдается постепенный интенсивный рост промышленного и сельскохозяйственного производства, что так же оказывает влияние на сложный пространственный рисунок концентрации загрязняющих веществ.

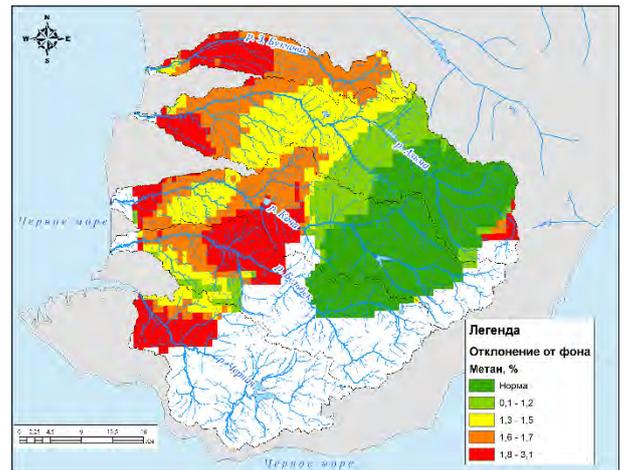
На основании установленных фоновых значений концентрации загрязняющих веществ над ООПТ был рассчитан комплексный индекс загрязнения атмосферы в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (таблица 4.9).

Как видно из таблицы 4.9, в пределах исследуемой территории наименьшие значения комплексного индекса загрязнения атмосферы зафиксированы в 2021 году, что связано в первую очередь с последствиями карантина в результате эпидемии COVID-19 (локдаун, сокращения передвижения населения, снижение выбросов на производствах и пр.). Если рассматривать значения комплексного индекса загрязнения атмосферы по речным бассейнам, то можно

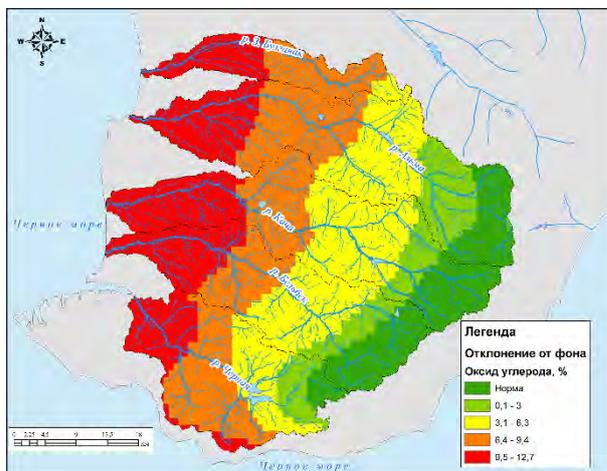
отметить, что наибольшие значения индекса характерны для бассейна реки Западный Булганак, а наименьшие – для бассейна реки Черная.



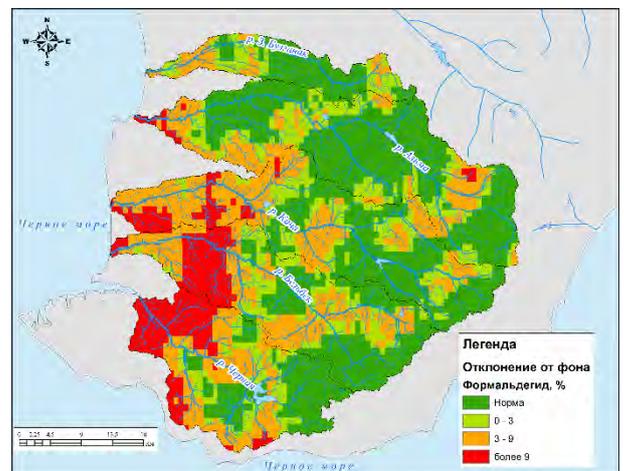
(a)



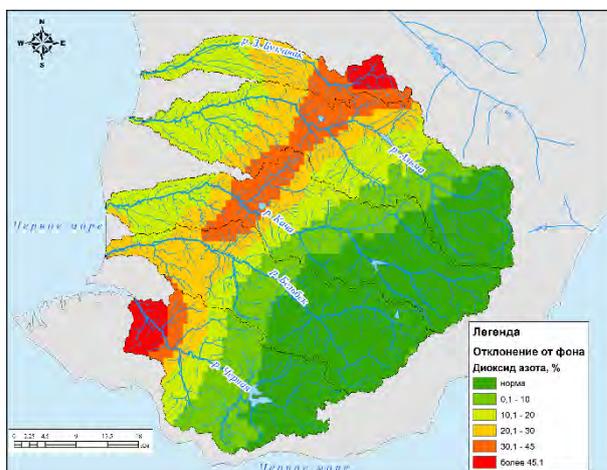
(b)



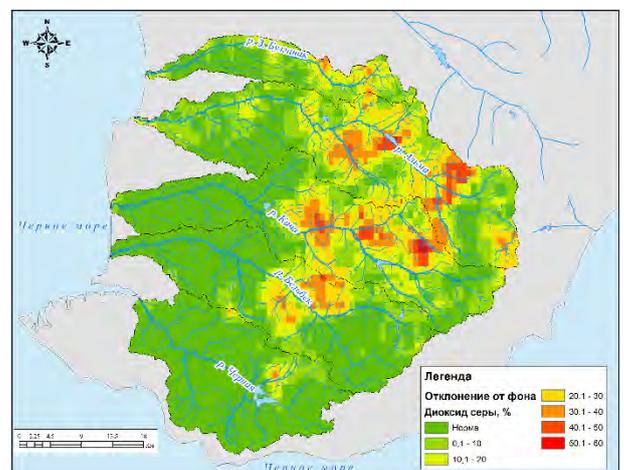
(c)



(d)



(e)



(f)

Рис. 4.27 – Отклонение от фонового значения в пределах ООПТ концентрации веществ в пределах бассейнов рек северо-западного клона Крымских гор: (а) аэрозольный индекс; (б)

метан; (с) формальдегид; (d) метан; (e) диоксид азота; (f) диоксид серы [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

Таблица 4.9 – Значение комплексного индекса загрязнения атмосферы в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

Год	Исследуемая территория в целом	Бассейн реки				
		Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
2019	5,21	5,54	5,22	5,12	5,13	5,02
2020	5,40	5,64	5,50	5,49	5,22	5,12
2021	4,97	4,98	4,90	4,96	4,93	5,09
2022	5,09	5,19	5,20	5,03	4,97	5,06

Пространственная локализация комплексного индекса загрязнения атмосферы с 2019 по 2022 гг. в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор представлена на рисунке 4.28.

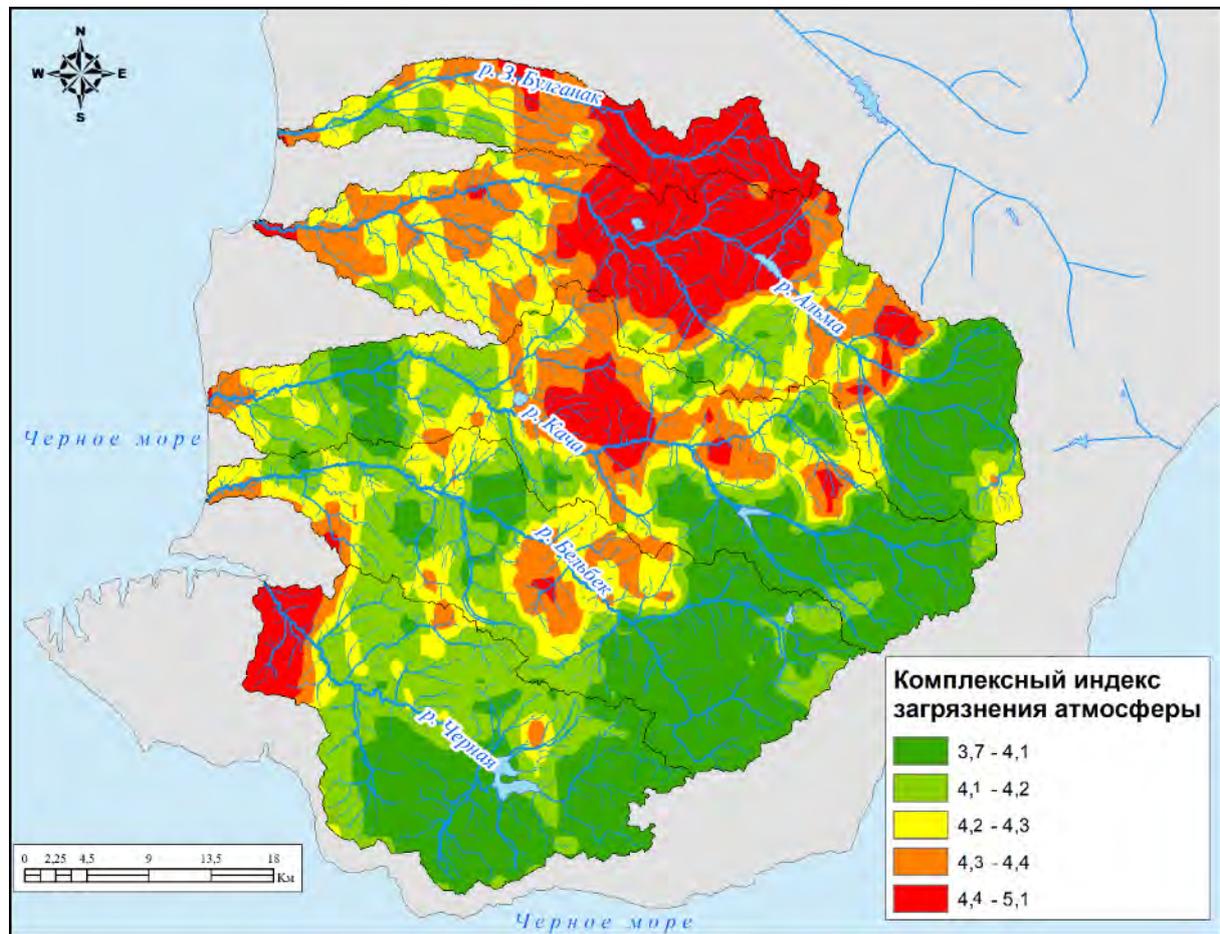


Рис. 4.28 – Значение комплексного индекса загрязнения атмосферы в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в 2019-2022 гг. [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

Рисунок 4.28 показывает основные районы загрязнения атмосферы в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Как видно из рисунка 4.28 наибольшие значения комплексного индекса загрязнения атмосферы характерны в районе крупных населенных пунктов (Симферополь, Бахчисарай, Севастополь, Инкерман) и прилегающих к ним земель. Минимальные значения комплексного индекса загрязнения атмосферы наблюдаются над лесами в пределах исследуемого района [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

4.6.3. Среднемесячная изменчивость концентрации NO_2 в атмосфере в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

Рассмотрим более детально распределение динамику значений диоксида азота и диоксида серы в атмосфере в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор за 2022 год.

На рисунке 4.29 представлены среднемесячные значения диоксида азота в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

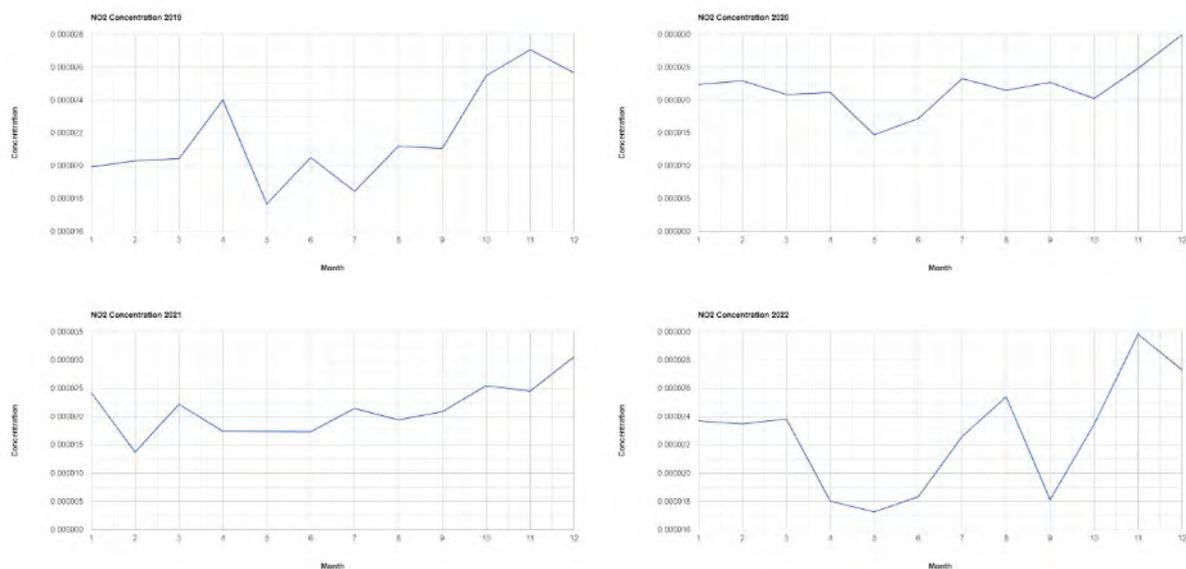


Рис. 4.29 – Среднемесячные значения распределения значений диоксида азота (NO_2) с 2019 по 2022 гг. в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

Как видно из рисунка 4.29, наибольшие концентрации значений диоксида азота (NO_2) наблюдаются зимой, затем снижаются к лету и постепенно увеличиваются.

Если рассматривать значения содержания диоксида азота (NO_2) в пределах каждого водосборного бассейна, то в целом наблюдается похожая картина. На рисунках 4.30-4.34, представлена среднемесячная изменчивость концентрации диоксида азота (NO_2) в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Бельбек и Черная.

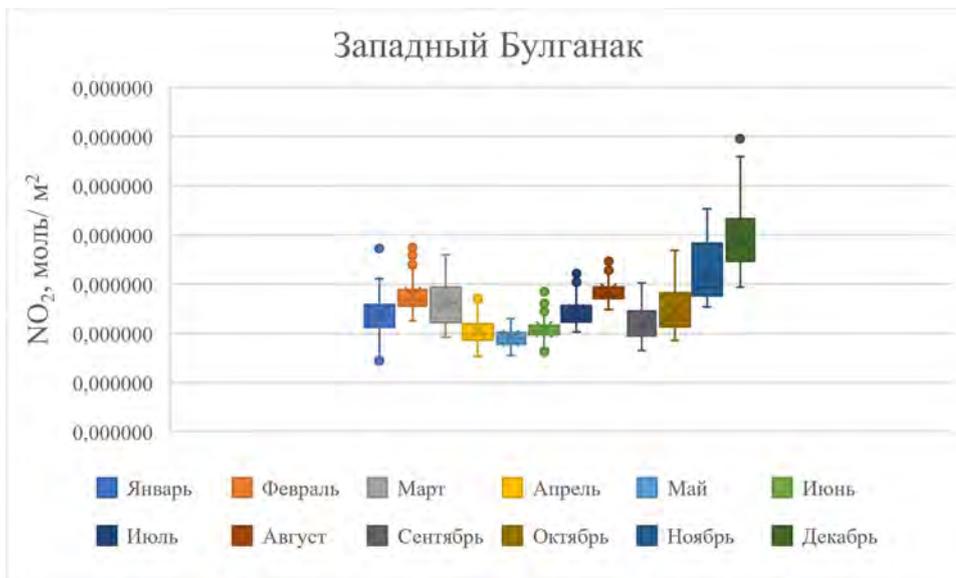


Рис. 4.30 – Динамика содержания диоксида азота (NO_2) в атмосфере в бассейне реки Западный Булганак в 2022 году [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

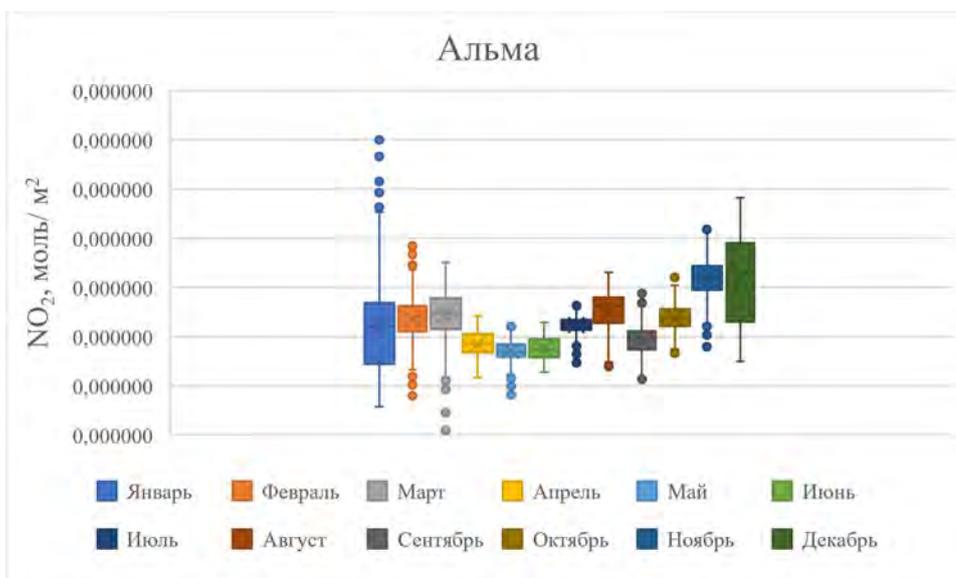


Рис. 4.31 – Динамика содержания диоксида азота (NO_2) в атмосфере в бассейне реки Альма в 2022 году [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

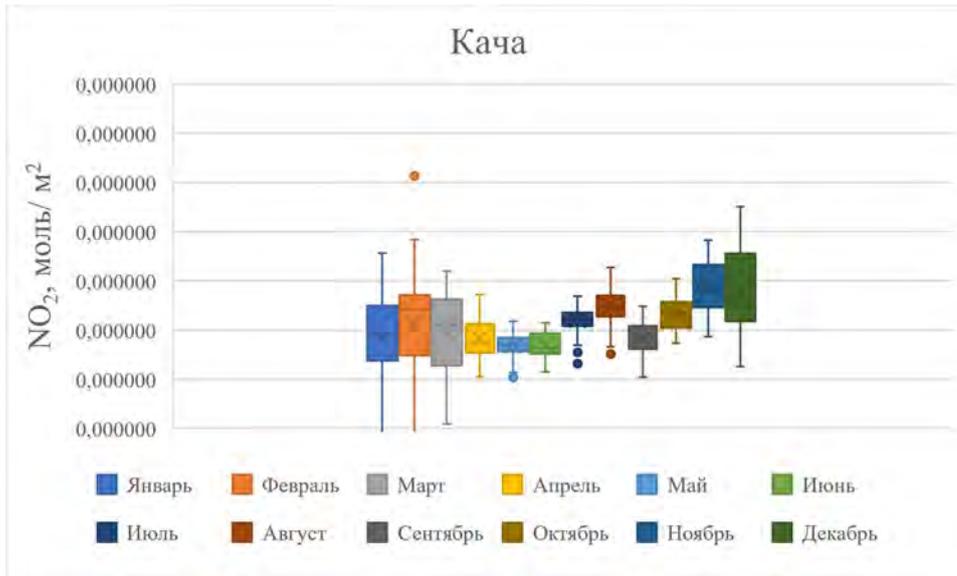


Рис. 4.32 – Динамика содержания диоксида азота (NO₂) в атмосфере в бассейне реки Кача в 2022 году [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

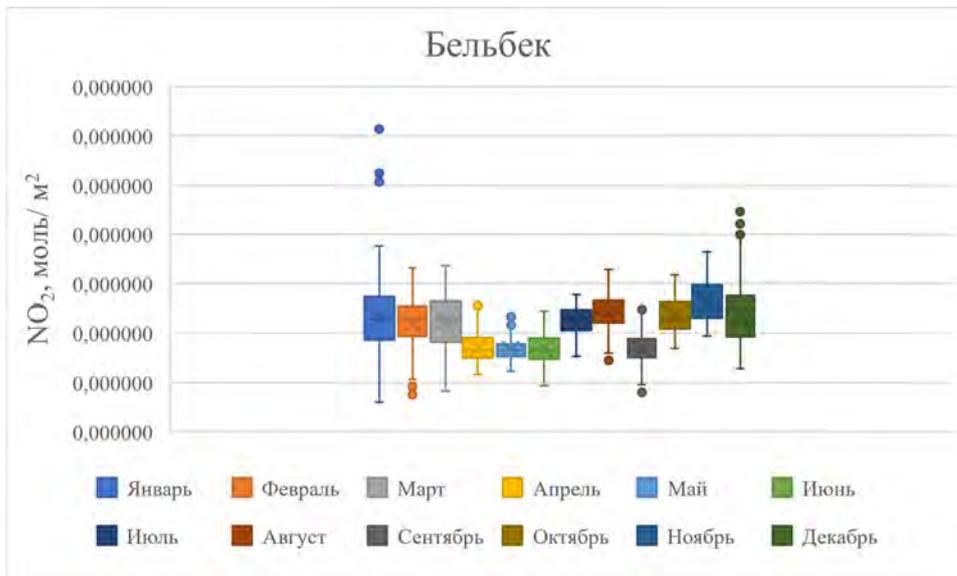


Рис. 4.33 – Динамика содержания диоксида азота (NO₂) в атмосфере в бассейне реки Бельбек в 2022 году [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

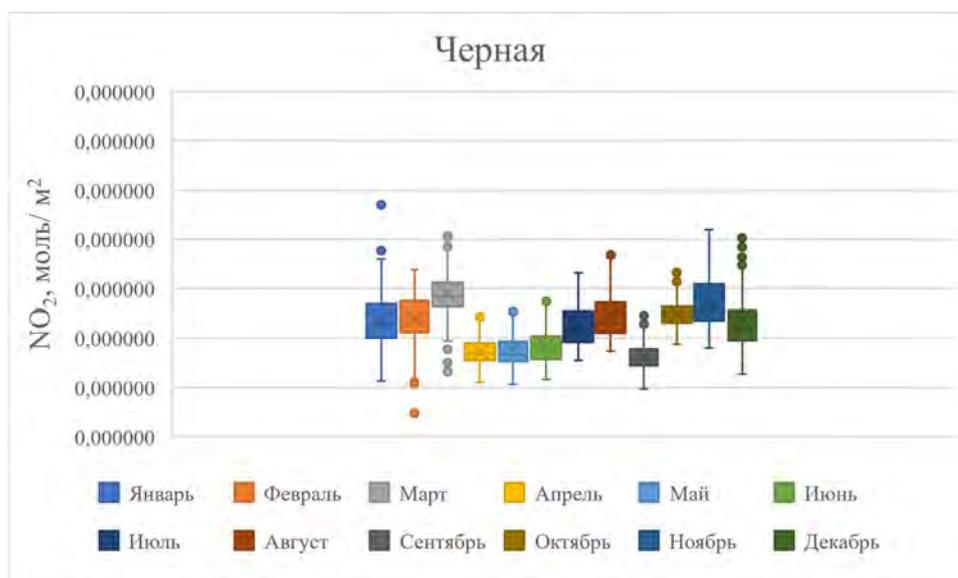


Рис. 4.34 – Динамика содержания диоксида азота (NO_2) в атмосфере в бассейне реки Черная в 2022 году [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023]

4.6.4. Сравнение значений выбросов в атмосферу с использованием наземных результатов мониторинга и данных дистанционного зондирования Земли.

Для оценки точности использования данных о содержании загрязнителей, полученных с использованием спутниковых данных Sentinel-5 Precursor, проведено их сравнение с данными мониторинговых наблюдений [Статистический ежегодник..., 2021; Статистический ежегодник..., 2022; Доклад..., 2022, Доклад..., 2020]. Для исследуемой территории данные полевых мониторинговых наблюдений представлены ограниченным числом точек и довольно сильно разбросаны. Мониторинговые исследования проводятся для городов Севастополь, Симферополь, Саки, Алушта, Ялта, Бахчисарай расположенных или в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор или рядом с ними. В тоже время нужно учитывать, что в результате мониторинга для указанных населенных пунктов рассчитывается количество выбросов загрязняющих веществ в тоннах, которые не разбиваются на составляющие. В связи с этим проблематично провести оценку выбросов тех или иных загрязнителей.

Для получения оценки количественных показателей загрязнения с использованием данных мониторинга, предлагается использовать регрессионный анализ и уравнение связи концентрации веществ в атмосфере с общим количеством загрязнения в пределах выше названных городов. Получение уравнение связи основано на использовании программных продуктов R Studio (первичная подготовка данных) и Microsoft Excel (визуализация данных).

Наличие устойчивых связей, представленных на рисунке 4.35, позволяет восстановить поле суммарных выбросов загрязняющих веществ над территорией бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

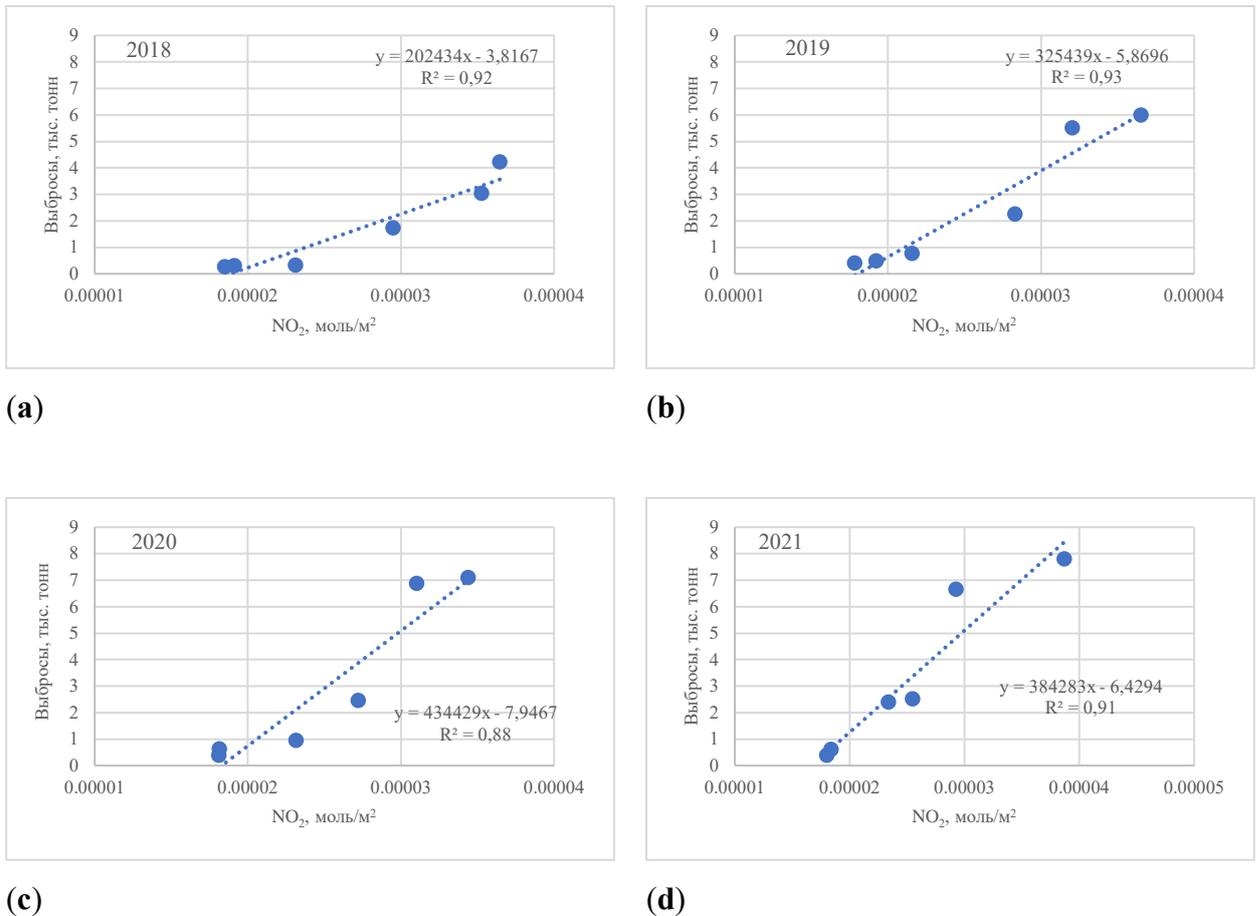


Рис. 4.35 – Связь между концентрацией диоксида азота (данные съемки спутника Sentinel-5 Precursor) и количеством выбросов загрязняющих веществ (данные мониторинга) для городов Севастополь, Симферополь, Саки, Алушта, Ялта, Бахчисарай: (а) 2018; (б) 2019; (с) 2020; (д) 2021 [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

Как видно из рисунка 4.35, прослеживается прямая связь между количеством выбросов в атмосферу по результатам мониторинга и концентрацией диоксида азота (NO_2) со значением коэффициента детерминации более 0,85. Полученные уравнения связи являются важным звеном в установлении общего количества выбросов над территорией водосборных бассейнов. Очевидно, что использование значений пересчитанных с использованием уравнений намного ценнее чем простая интерполяция, выполненная по 6 точкам мониторинга в представленных выше городах [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

На рисунке 4.36 представлены карты поля выбросов загрязняющих веществ в атмосфере в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Как видно из рисунка 4.36 с 2018 по 2021 год наблюдается увеличение количества выбросов, и если в 2018 году в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор было три основных центра выбросов загрязняющих веществ в атмосферу – Симферополь, Бахчисарай, Севастополь, в то время как в 2021 году влияние выбросов с них расширилось вдоль трассы Таврида связывающей их.

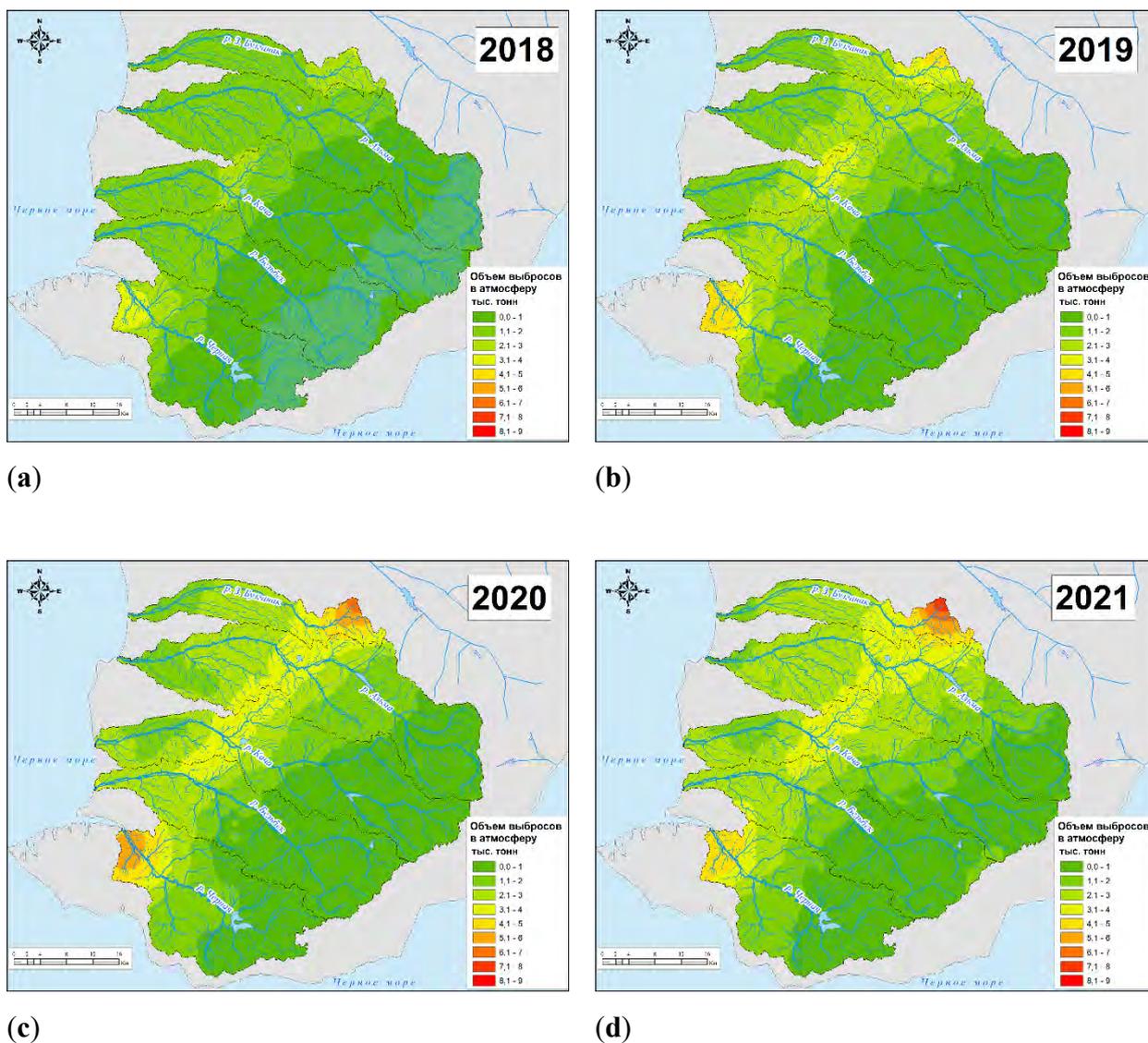


Рис 4.36 – Количество выбросов загрязняющих веществ в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (тыс. тонн): (a) 2018; (b) 2019; (c) 2020; (d) 2021 [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

Наименее подверженными воздействию загрязнений являются юго-восточная часть исследуемого района, где выбросы в большинстве случаев отсутствуют или минимальны, однако с 2018 по 2021 гг. площадь таких территорий сокращается.

Использование данных Sentinel-5 Precursor на современном этапе развития научной мысли является ценнейшим ресурсом для получения информации о загрязнении атмосферы различными веществами [Tabunschik et al., 2023]. Использование данных Sentinel-5 Precursor в комплексе с ГИС (ArcGIS) и платформами дистанционных облачных вычислений (GEE) позволяет проводить широкомасштабные исследования динамики выбросов загрязняющих веществ в пределах водосборных бассейнов рек, которые являются ценнейшими источниками качественных пресных вод. Ключевым преимуществом использования GEE для анализа данных Sentinel-5 Precursor является то, что он предоставляет мощную и гибкую платформу для обработки крупномасштабных геопространственных данных и выполнения сложных задач анализа. Среди главных преимуществ использования спутника Sentinel-5 Precursor является то, что данные находятся в свободном доступе и могут быть использованы для различных исследовательских целей; данные поступают практически ежедневно и имеют глобальный охват, что позволяет проводить сравнение исследуемых значений в различных регионах мира. Хотя Sentinel-5 Precursor имеет много преимуществ, следует учитывать и некоторые недостатки, в том числе: ограничение по числу измеряемых параметров газов и аэрозолей; невозможность оценивать состояние атмосферы в каждой точке мира в режиме онлайн; сложные процессы обработки, получения данных, необходимость использования специального программного обеспечения (чтение файлов NetCDF); получаемые данные имеют среднее пространственное разрешение (1113,2 м или 0,01 градуса), однако являются лучшими среди альтернативных аппаратов для мониторинга за состоянием атмосферы. В тоже время использование данных спутника Sentinel-5 Precursor не позволяет провести оценку суммарного влияния количества выбросов в атмосферу различных веществ. Для этих целей необходимо использовать только статистические данные и данные полевых исследований и мониторинга [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

Расчет значений содержания веществ столбе тропосферы по данным космического спутника Sentinel-5 Precursor и расчет в результате натуральных наблюдений используют различные методики исследования. Очевидно, что космические снимки несут в себе более весомый научный задел в то время, как данные мониторинга ограничены в силу времени сбора информации и количестве предоставляемой информации в пространственно-временном масштабе. Однако данные космической съемки позволяют произвести пересчет данных об общем количестве выбросов в атмосферу в количественных показателях. Полученные уравнения зависимости показывают высокие значения этой связи, однако наибольшая связь характерна между общим количеством выбросов загрязняющих веществ и концентрацией диоксида углерода в тропосфере.

Использование данных о содержании NO_2 в атмосфере, который также является и индикатором содержания и монооксида азота (NO), позволило восстановить пространственное поле значений выбросов в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. В тоже время другие рассматриваемые в работе показатели концентрации веществ (формальдегид, метан, диоксид серы, оксид азота) не показали высокие значения R^2 , по сравнению с диоксидом азота, в связи с этим восстановление поля выбросов было произведено с использованием значений концентрации диоксида азота. Это может быть объяснено первую очередь тем, что диоксид азота и оксид азота попадают в атмосферу в основном благодаря результатам антропогенной деятельности человека (сжигание ископаемого топлива и биомассы), и в меньшей степени в результате природных процессов (микробиологические процессы в почвах, лесные пожары). Таким образом, использование данных космического спутника Sentinel-5 Precursor позволяет восстанавливать значения концентрации загрязняющих веществ в атмосфере при недостаточном пространственно-временном ряде наблюдений.

Снижение показателей содержания в атмосфере различных загрязнителей в 2020-2021 гг. носит глобальный характер из-за влияния пандемии COVID-19. Как подчеркивается многими исследователями это явление характерно и в других регионах мира [Air pollution reduction..., 2020; Dutheil, Baker, Navel, 2020; Ju, Oh, Choi, 2021; Gautam et al., 2020]. Однако в пределах рассматриваемых бассейнов рек, которые имеют относительно небольшую площадь, по сравнению с падением выбросов во многих странах [Air pollution reduction..., 2020; Dutheil, Baker, Navel, 2020; Ju, Oh, Choi, 2021; Links between air..., 2021], это не так резко выражено.

Высокое содержание примесей, загрязняющих воздух в бассейне реки Западный Булганак, по сравнению с другими бассейнами в первую очередь в том, что в бассейне реки Западный Булганак минимальная площадь лесов, что не позволяет улавливать часть выбросов, а также громадным влиянием расположенного рядом с бассейном города Симферополь. Сравнительно меньшее загрязнение воздуха в других бассейнах рек связано в первую очередь с большим количеством лесов расположенных в верховьях бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная.

Существенным фактором ограничивающими исследования выступает наличие официально опубликованных данных статистики о загрязнении атмосферного воздуха. Например, на рисунках 4.35 и 4.36 не представлены результаты за 2022 год, так как официально опубликованные данные о количестве выбросов в городах Севастополь, Симферополь, Бахчисарай, Ялта, Алушта, Саки на момент написания работы еще не были опубликованы, что делает невозможным проведение регрессионного анализа.

Точности набора данных ESA/EU Copernicus Sentinel-5 Precursor посвящено большое количество работ [Potential of the..., 2015; TROPOMI–Sentinel-5 Precursor..., 2020; On the influence of..., 2022; Comparison of TROPOMI/Sentinel-5..., 2020; Sulfur dioxide retrievals..., 2017; The

TROPOSIF global..., 2021; TROPOMI on the..., 2012]. В работе [Ground-based validation of..., 2021] указывается, что точность Sentinel-5 составляет в среднем обычно от -23 до -37% в чистых или слегка загрязненных условиях и может достигать до -51% в сильно загрязненных районах. В работе [Evaluating the effectiveness..., 2021] установлено, что точность параметров качества воздуха CO, NO₂, SO₂, полученных из наборов данных о предшественниках Sentinel-5, составляет 89,5%, 83,54%, 86% соответственно по сравнению с измерениями на месте. В работе [Validation of methane..., 2021] указывается что точность может достигать более 1,5%. Наши исследования показали высокую степень связи измерений для концентрации диоксида азота в городах с данными, полученными для космических снимков. Применение космических снимков Sentinel-5 Precursor играет решающую роль в понимании пространственной локализации источников загрязнения и последствий загрязнения воздуха, а также в разработке эффективных стратегий снижения его воздействия [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2023].

4.7. Загрязнение вод в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Для бассейна реки Западный Булганак наблюдения за загрязнением вод проводятся в меньшем объеме, по сравнению с другими бассейнами рек, хотя, как указано в работе [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022], территория бассейна реки является наиболее преобразованной среди всех бассейнов рассматриваемых рек. Н.Е. Рязанова и А.И. Никифоров [Рязанова, Никифоров, 2018] анализируют некоторые загрязнители воды в реке Западный Булганак (растворенный кислород, жесткость, рН, железо общее, нитраты, нитриты, аммоний, марганец), опираясь на Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 и СанПиН 2.1.5.980-00 и указывают что в водах Западного Булганака наблюдается превышение ПДК по содержанию общего железа и общей жесткости воды.

Рассмотрим детально превышения ПДК химических веществ в водах Альма, Кача, Бельбек, Кучук-Узенбаш (приток реки Бельбек) [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Схема комплексного использования ..., 2022]. Как видно из рисунка 4.37 превышение ПДК наблюдается только по отдельным показателям, в то время как по большинству других превышения не обнаружено.

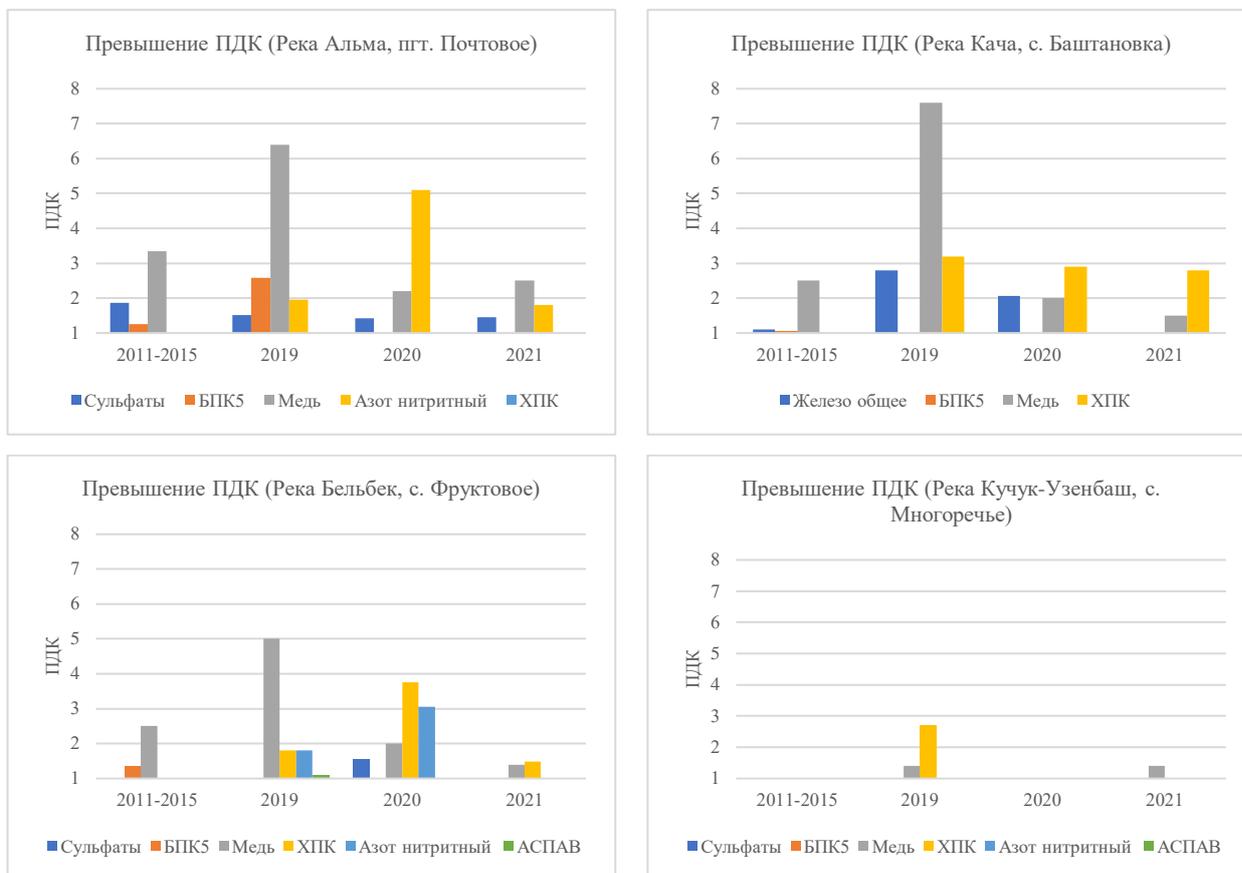


Рис. 4.37 – Превышение ПДК в водах рек Альма, Кача, Бельбек, Кучук-Узенбаш (приток реки Бельбек) (составлено автором на основе данных [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Схема комплексного использования ..., 2020])

В целом из рисунка 4.37 можно отметить, что для рассматриваемых рек наблюдается постоянное превышение меди и сульфатов, а также превышение значений по ХПК. В тоже время превышения достигают ПДК по меди в отдельные годы (2019 год) превышали норму в 5 и более раз. Однако, если рассматривать верховья рек, например, створ на реке Кучук-Узенбаш и створ на реке Биюк-Узенбаш, который не представлен на рисунке 4.38, так как там не обнаружено превышения ПДК, то здесь загрязнения минимальны. На рисунках 4.38-4.40 представлены результаты полевых исследований на наличие загрязнений приведенные для трех створов на реках Альма, Кача, Бельбек в 2019-2021 гг. в натуральных единицах измерения (по данным ГБУ РК «Крымская ГГМЭ»).



Рис. 4.38 – Динамика изменения концентрации содержания загрязняющих веществ в реке Альма (составлено автором на основе данных [Крымская ГГМЭ, 2023])

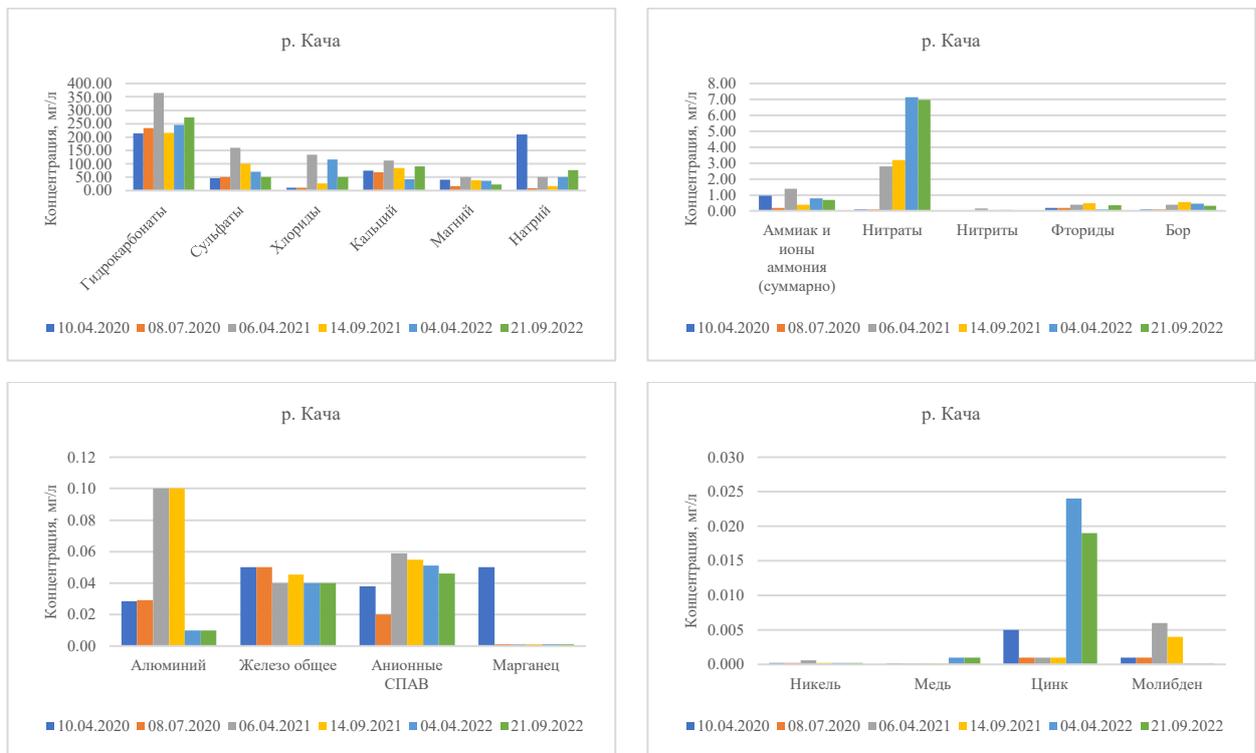


Рис. 4.39 – Динамика изменения концентрации содержания загрязняющих веществ в реке Кача (составлено автором на основе данных [Крымская ГГМЭ, 2023])

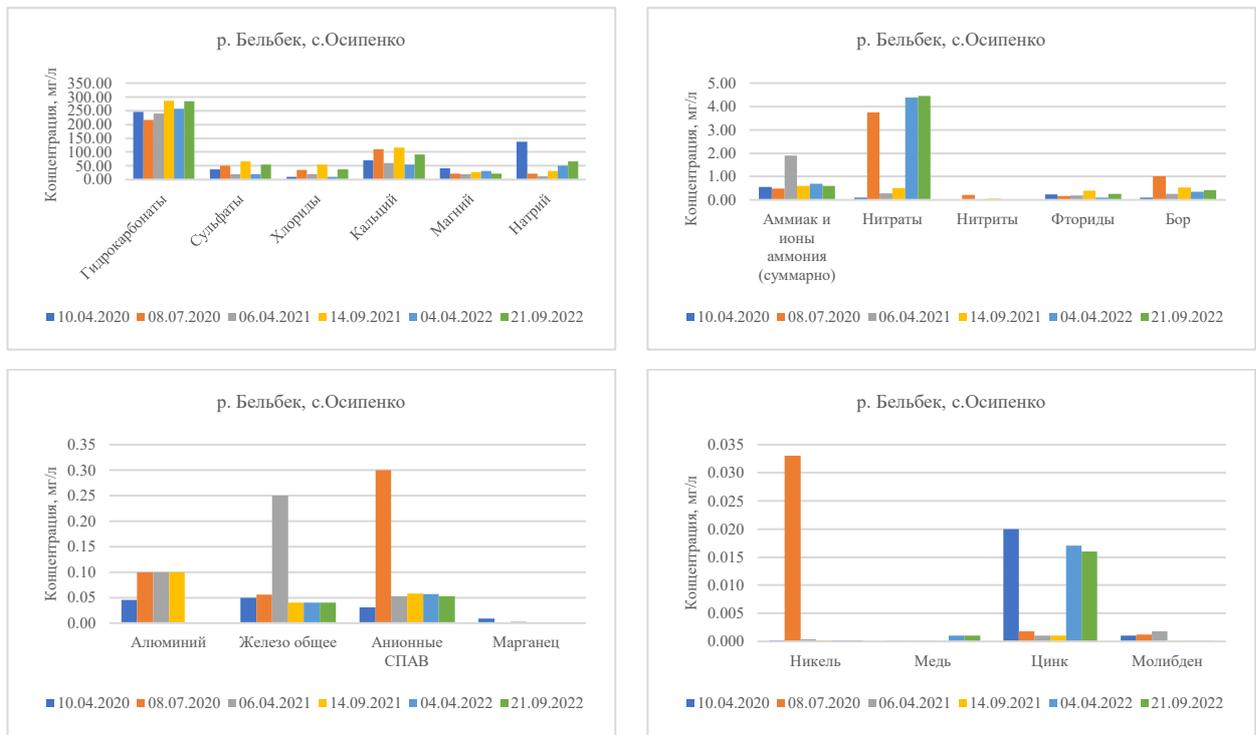


Рис. 4.40 – Динамика изменения концентрации содержания загрязняющих веществ в реке Бельбек (составлено автором на основе данных [Крымская ГГМЭ, 2023])

Рассмотрим более подробно динамику изменения некоторых загрязнителей в 2020-2022 гг. В реке Бельбек концентрация кальция начиналась с 70 мг/л в начале периода исследования и росла до 111 мг/л к 8 июля 2020 года. Затем она снижалась до 60 мг/л к 6 апреля 2021 года, но снова повысилась до 116,2 мг/л к 14 сентября 2021 года. Наконец, к 21 сентября 2022 года концентрация кальция снова снизилась до 53,9 мг/л, но оставалась выше, чем в начале исследования. Концентрация магния также колебалась. Она начиналась с 42 мг/л, затем снижалась до 22 мг/л к 8 июля 2020 года, после чего постепенно увеличивалась, достигнув максимального значения 31 мг/л к 4 апреля 2022 года. Но затем она снова снизилась к 21,35 мг/л к 21 сентября 2022 года. Концентрация натрия начиналась с 137 мг/л и снижалась до 23 мг/л к 8 июля 2020 года. После этого она продолжала снижаться, достигнув минимального значения 12,9 мг/л к 6 апреля 2021 года. Затем концентрация натрия повысилась до 31,5 мг/л к 14 сентября 2021 года, а затем значительно увеличилась, превысив 50 мг/л, к 4 апреля 2022 года. Наконец, к 21 сентября 2022 года концентрация натрия снизилась до 67 мг/л, но оставалась выше, чем в начале периода исследования. Концентрация железа общего в реке Бельбек колебалась в исследуемый период времени. Начальное значение концентрации железа общего было 0,05 мг/л, затем концентрация железа немного возросла и составляла 0,06 мг/л. К 06 апреля 2021 года концентрация железа значительно выросла до 0,25 мг/л. К 14 сентября 2021 года концентрация

железа снизилась до 0,04 мг/л, равного значению в начале периода исследования. К 04 апреля 2022 года и к 21 сентября 2022 года концентрация железа оставалась на том же уровне - 0,04 мг/л.

В реке Кача концентрация кальция начально была 74 мг/л, затем снизилась к 8 июля 2020 года до 69 мг/л, а затем резко возросла к 6 апреля 2021 года до 112,2 мг/л. После этого значение снизилось к 14 сентября 2021 года до 84 мг/л, далее к 4 апреля 2022 года снизилось до 42,1 мг/л, а к 21 сентября 2022 года немного возросло до 91,1 мг/л. Концентрация магния начально была 41 мг/л, затем снизилась к 8 июля 2020 года до 16 мг/л. Далее значение возросло к 6 апреля 2021 года до 51 мг/л, а затем снизилось к 14 сентября 2021 года до 39 мг/л. Затем значение немного увеличилось к 4 апреля 2022 года до 37 мг/л, а к 21 сентября 2022 года снизилось до 22,28 мг/л. Концентрация натрия начально была 210 мг/л, затем значительно снизилась к 8 июля 2020 года до 9 мг/л. К 6 апреля 2021 года значение превысило максимальную измеряемую величину - >50 мг/л. Затем значение снизилось к 14 сентября 2021 года до 17,8 мг/л, но к 4 апреля 2022 года вновь превысило максимальное значение - >50 мг/л. К 21 сентября 2022 года значение снизилось до 76 мг/л. Концентрация железа общего в начале периода исследования была менее 0,05 мг/л. К 14 сентября 2021 года значение возросло до 0,046 мг/л, а в остальные моменты времени оставалось ниже 0,04 мг/л.

В реке Альма начальные значения концентрации кальция, магния и натрия были высокими: 157 мг/л, 91 мг/л и 14 мг/л соответственно. К 08 июля 2020 года концентрация кальция и магния немного снизилась, а концентрация натрия выросла до >50 мг/л (точное значение не указано). К 06 апреля 2021 года концентрация кальция и магния продолжала снижаться и составляла 124 мг/л и 29 мг/л соответственно, а концентрация натрия была также >50 мг/л. К 14 сентября 2021 года концентрация кальция и магния немного выросла, а концентрация натрия также оставалась >50 мг/л. Значение концентрации железа общего также значительно возросло до 0,227 мг/л. К 04 апреля 2022 года концентрация кальция и магния резко упала до 40 мг/л и 53 мг/л соответственно, а концентрация натрия оставалась >50 мг/л. Концентрация железа общего снизилась до нижнего предела обнаружения (<0,04 мг/л). К 21 сентября 2022 года концентрация кальция немного возросла до 106 мг/л, а концентрации магния и натрия оставались примерно на том же уровне. Концентрация железа общего также оставалась ниже предела обнаружения. На загрязнение вод реки Альма, влияет, согласно [Доклад..., 2022] «сброс сточных вод водопроводных очистных сооружений «Партизанский гидроузел» Симферопольского филиала ГУП РК «Вода Крыма», которое обеспечивает водой население, предприятия, учреждения и организации, а также производит отвод и очистку сточных вод».

Из рисунков 4.38-4.40 видно, что наблюдается значительная неоднородность рассматриваемых показателей в воде от года к году, причем относительные значения к прошлому году могут изменять более чем в 2-3 раза для значений отдельных показателей. В тоже время для

большинства показателей не выявлено превышений ПДК. В отдельные годы наблюдается незначительное превышение ПДК. В 2020 году зафиксировано превышение ПДК в 1,1 сухого остатка в воде реки Альма. В 2021 году зафиксировано превышение ПДК аммиака и ионов аммония в водах реки Альма (1,5 ПДК) и водах реки Бельбек (1,3 ПДК), а также отмечается повышенное содержание бора – 1,5 ПДК в реке Альма и незначительные превышения БПК-5 в водах рек Альма и Кача. В 2022 году наблюдалось превышение ПДК по БПК-5 в водах рек Альма и Кача (1,1 ПДК и 1,2 ПДК соответственно) в апреле 2022 года и превышение ПДК по БПК-5 в водах рек Альма, Кача и Бельбек (2,2 ПДК, 2,2 ПДК и 1,8 ПДК соответственно).

В тоже время, как отмечается в [Схема комплексного..., 2020] в бассейне реки Черная с 2016 по 2019 гг. загрязнение поверхностных вод выше допустимого по БПК-5, нитритам, фенолам и некоторым металлам (медь, железо и др.) прослеживается практически на всех водных объектах бассейна.

При анализе качества вод в бассейнах рек Альма, Кача, Бельбек заметно, что с 2012 по 2021 гг. качество вод улучшилось (рис. 4.41). Для реки Черная имеется неполный ряд наблюдений и качество вод в ней не изменилось. Данные для реки Западный Булганак отсутствуют.

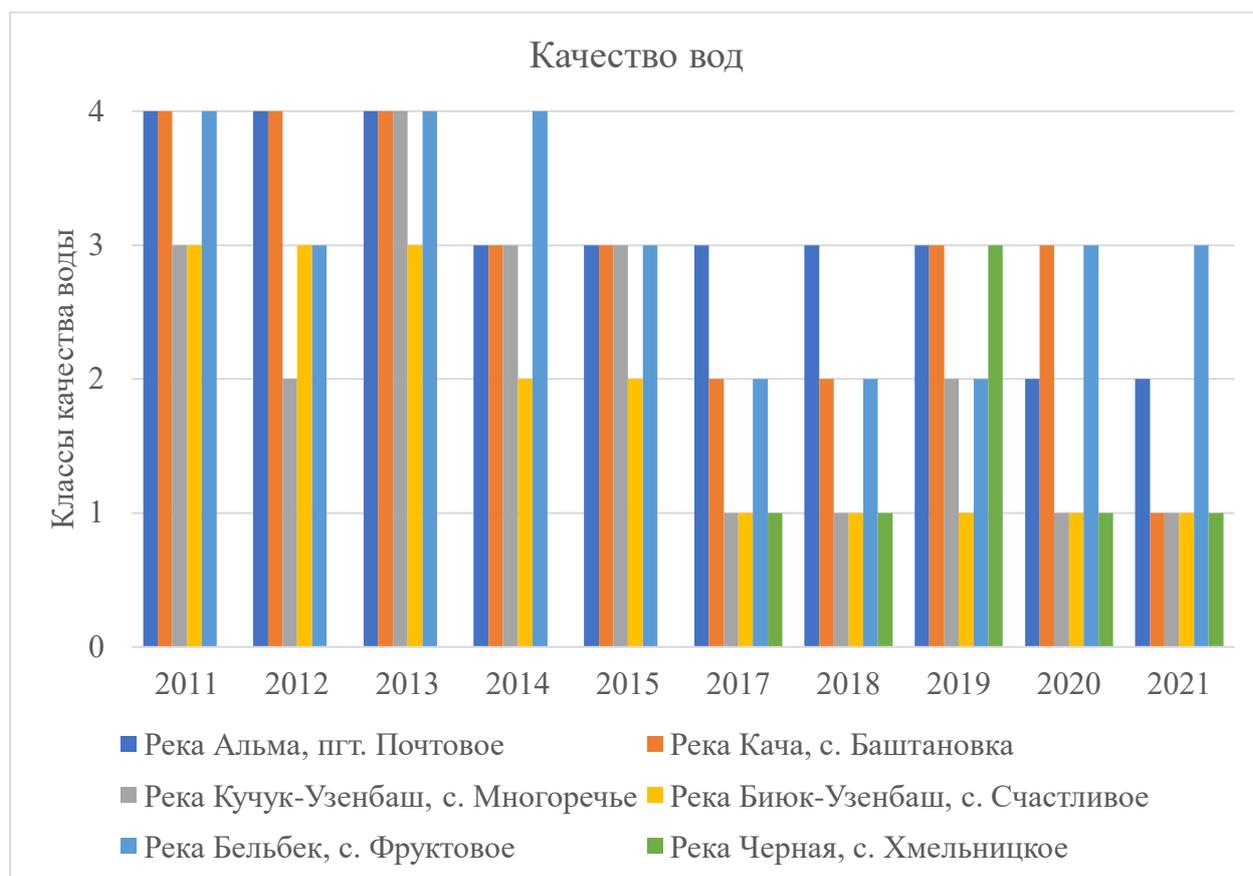


Рис. 4.41 – Качество вод в бассейнах рек Альма, Кача, Бельбек (составлено автором по [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Схема комплексного использования ..., 2020])

Различия в методиках получения данных о загрязнении вод рек и водных объектов в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор наглядно представлены в таблице 4.10 и на рисунке 4.42.

Таблица 4.10 – Основные загрязняющие вещества в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор в 2021 году

Река	ФГБУ «Крымское УГМС»	ГБУ РК «Крымская ГГМЭ»	ГАУ РК «ЦЛАТИ»
Охват исследований	14 водотоков и 6 водоемов, в 22 пунктах (26 створах).	25 створов на 25 водных объектах	15 водных объектов (46 контрольных створов)
Нормативный документ для оценки ПДК	РД 52.18.595-96	СанПиН № 2.1.5.980-00 и ГН 2.1.5.1315-03.	Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552
Западный Булганак	-	-	кадмий (в 1,5-3 раза), марганец (в 1,2-1,6 раз), железо (в 1,4-2,3 раза).
Альма	сульфатов 1,46 ПДК; ХПК 1,8 ПДК; азота нитритного 1,25 ПДК; меди 2,5 ПДК.	БПК-5 1,5 Аммиак и ионы аммония (суммарно) 1,2 Бор 1,5	кадмий (1,6 -2,5 раза), нитраты (1,5-1,7 раза), железо (4,3-9,1 раз), марганец (3,5-9 раз).
Кача	меди 1,5 ПДК; ХПК 2,8 ПДК.	БПК-5 1,6 ПДК	кадмия (в 1,4-1,6 раза), нитратов (в 1,6-1,9 раз), железо (в 2,1-2,3 раз), марганец (в 1,6-1,7 раз).
Бельбек	ХПК 1,48 ПДК; меди 1,40 ПДК; азота нитритного 2,95 ПДК.	Аммиак и ионы аммония (суммарно) 1,3	-
Черная	ХПК 1,11 ПДК; меди 1,2 ПДК	-	-

Примечание: составлено по [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Схема комплексного использования ..., 2020, 2022; Крымская ГГМЭ, 2023]

Комплексные исследования загрязнения реки Черная проводятся в ряде работ [Ovsyany, N. A. Orekhova, 2018; Источники загрязнения прибрежных..., 2019]. В.М. Грузинов с соавторами [Источники загрязнения прибрежных..., 2019] отмечают, что в водах, выносящихся рекой Черная, наблюдается повышенное содержание нефтяных углеводородов и органических веществ. Так же активно исследуется содержание загрязняющих веществ в данных осадках реки Черная. Здесь стоит отметить работы Л.В. Малаховой с соавторами [Малахова и др., 2019, 2022]. Е.А. Замятина с соавторами [Общая характеристика и..., 2022] указывают что в летний период 2021 года при

гидрохимическом анализе воды в контрольных точках отбора проб для реки Черная зарегистрированы превышения нормативов ПДК по БПК₅ (до 1,8 ПДК) и магний (до 1,7 ПДК). Е.П. Каюкова отмечает повышенное содержания трития в природных водах реки Бодрак [Каюкова, 2016]. Однако, стоит отметить сложности с получением данных так как река Черная относится к городу Севастополь и наблюдается несоответствие и разобщённость данных с данными получаемым для остальных исследуемых рек.

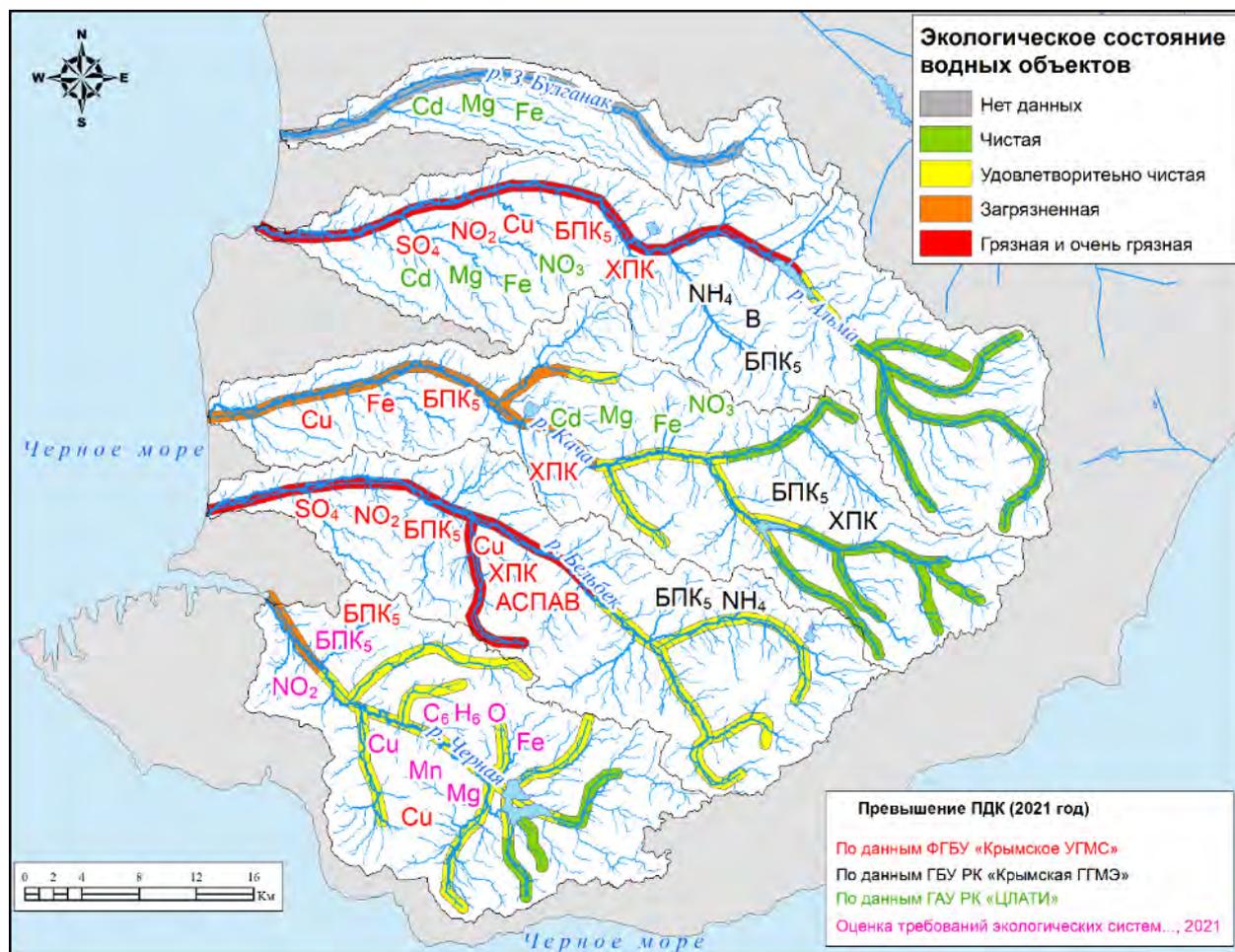


Рис. 4.42 – Экологическое состояние рек и превышение ПДК различных веществ в водах рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная и их притоков (составлено Табунщиком В.А. с использованием [Доклад..., 2018, 2019, 2020, 2021, 2022; Схема комплексного использования ..., 2020, 2022; Крымская ГГМЭ, 2023; Оценка требований..., 2023])

Исторические данные о загрязнении вод рек рассматриваемого региона можно найти в некоторых исследовательских работах [Ovsyany, N. A. Orekhova, 2018; Источники загрязнения прибрежных..., 2019; Малахова и др., 2019, 2022; Общая характеристика и..., 2022]. В таблице 4.11 представлены результаты изменения показателей качества вод в реках Кача, Бельбек и

Черная в 1995-2008 гг., а в таблице 4.12 изменение показателей содержания загрязнителей в реке Черная.

На данный момент отсутствует целостная система мониторинга в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор, что не позволяет в целом судить о состоянии загрязнения водотоков комплексно. Наличие современной сети точек наблюдения за состоянием и качеством воды не позволяет в полной мере провести комплексную оценку загрязнения рек. Мы можем лишь косвенно судить о наличии зафиксированных загрязнений, в те дни, когда проводились отборы проб. Огромный неисследованный пласт данных представляют значения загрязнения не доступные для исследователей так как невозможно организовать ежедневные наблюдения по всему спектру исследуемых загрязнителей.

Таблица 4.11 – Средние значения показателей качества вод рек Кача, Бельбек и Черная в 1995-2008 гг. [Источники загрязнения прибрежных..., 2019]

Показатель	Река		
	Черная	Кача	Бельбек
pH	7,92	8,20	7,94
O ₂ , мг/дм ³	8,97	8,70	9,26
Сульфаты, мг/дм ³	40,6	176,7	71,2
Хлориды, мг/дм ³	34,3	71,3	36,3
Кальций, мг/дм ³	67,1	87,7	70,2
Магний, мг/дм ³	18,1	52,8	46,6
Жесткость, мгэкв/дм ³	4,79	8,70	6,61
Сухой остаток, мг/дм ³	320,4	651,4	426,0
ХПК, мг/дм ³	19,4	28,8	82,0
БПК ₅ , мг/дм ³	2,15	1,99	2,51
N-NH ₄ , мкг/дм ³	249	407	279
N-NO ₂ , мкг/дм ³	5,9	63,5	11,9
N-NO ₃ , мкг/дм ³	1898	6068	3321
P-PO ₄ , мкг/дм ³	231	127	97
Fe, мг/дм ³	0,32	0,57	0,14
Cu, мг/дм ³	0,011	0,015	0,020
Zn, мг/дм ³	0,022	0,007	0,004
Pb, мг/дм ³	0,0019	0,0035	0,0015
Cd, мг/л	0,0002	0	0
Нефтяные углеводороды, мг/дм ³	0,149	0,080	0,164
СПАВ, мг/дм ³	0,076	0,059	0,049

Таблица 4.12 – Гидрохимические характеристики реки Черная (г/п Хмельницкое)
[Ovsyany, N. A. Orekhova, 2018]

Показатели	Единицы измерения	Черная			
		1993	1999-2002	1995-2006	2006-2010
Минерализация (по сухому остатку)	мг/дм ³	320-1110	169-485	314-1143	350 431
Кальций, Са ²⁺	мг/дм ³	44,1-62,1	18-105,6	30-147	49,7-90,2
Магний, Mg ²⁺	мг/дм ³	9,7-68,3	1,2-56,4	6,0-41,0	2,4-9,2
Общая жесткость, оЖ	мг-экв/дм ³	-	2,5-7,3	2,9-10,7	2,3-5,1
Щелочность, ПСО,	мг НСО ₃ /дм ³	176-201	-	174-311	157 228
Водородный показатель, рН	ед. рН	7,8-8,0	7,0-8,4	7,8-8,0	8,0-8,5
Взвешенное вещество	мг/дм ³		3,3-254,8	7,0-27,0	0,9-15,4
Кислород, О ₂	мг/дм ³	7,71-9,48	4,0-13,2	8,1-12,4	8,4-14,2
Кислород, насыщение	%	82-91	68-100	-	88-119
бпк ₅	мг О ₂ /дм ³	1,11-2,37	0,2-4,7	1,5-2,6	-
Аммоний, NH ₄ ⁺	мг N/дм ³	0,00-0,12	0,00-1,63	0,00-0,04	0,00-0,07
Нитриты NO ₂ ⁻	мг N/дм ³	0,00-0,113	0,00-0,04	0,00-0,06	0,000-0,013
Нитраты, NO ₃ ⁻	мг N/дм ³	0,00-0,39	0,00-2,58	0,00-1,87	0,13-1,54
Сумма соединений азота, EN	мг N/дм ³	0,00-0,21	0,004,25	0,00-2,07	0,13-1,62
Фосфаты, PO ₄	КП P/дм ³	0,00	0,004-0,620	0,003-0,400	0,000-0,230
Фосфор Общий, Роби	мг P/дм ³	0,00	—	0,02-0,83	0,003-0,610

Анализ предоставленных данных позволяет говорить о том, что используются разные методики исследования, так как для одних и тех же наблюдательных рек разными организациями фиксируются превышения по одним и тем же загрязнителям, а другими организациями по этим загрязнителям не обнаруживаются и полученные данные часто несопоставимы. Очевидно, то связано в первую очередь с тем, что в России существует несколько видов ПДК для воды, которые устанавливаются в соответствии с различными нормативными документами и целями использования водных ресурсов.

В тоже время, если сравнивать полученные нами результаты с исследованием загрязнения рек в других бассейнах на территории Крымского полуострова можно заметить, что в целом бассейны рек северо-западного склона Крымских гор довольно слабо загрязнены. Провести сравнение полученных данных с ранее опубликованными чтобы оценить изменение значений загрязнения вод в более ранние годы частично представляется возможным. Для сравнения были использованы данные на 2002 год, представленные в монографии Тимченко З.В. «Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма» [Тимченко, 2002]. Для реки Альма диапазоны значений за 2001-2002 и 2020-2022 гг. практически не отличаются для показателей по рН и содержанию магния, а по остальным показателям наблюдается увеличение диапазонов значений веществ в 1,5-2 и более раза. Увеличение загрязнителей в 2017-2020 гг связано с

генерацией электричества в результате блекаута а сокращение выбросов в 2020 году связано с ограничениями, вызванными эпидемией COVID-19.

Одним из существенных недостатков мониторинга является отсутствие створов наблюдения на реке Западный Булганак (особенно для мониторинга осуществляемого ФГБУ «Крымское УГМС»). Среди пяти рассматриваемых рек северо-западного склона Крымских гор, имеется пробел только для этой реки и невозможно провести полное сравнение для установления целостной картины. Анализ изменения концентрации загрязняющих веществ в реке Западный Булганак оценивалась по сравнению данных, опубликованных в 2002 году [Тимченко, 2002] и в 2018 году [Рязанова, Никифоров, 2018]. Структура предоставления данных на официальных интернет страницах большинства организаций не оперирует конкретными показателями, а только отмечает наличие или отсутствие загрязнения тем или иным агентом.

В целом можно отметить следующие общие сложности при исследовании загрязнения вод рек и водных объектов находящихся в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Бельбек и Черная:

1. Разрозненность данных и сложности с их использованием. Так как рассматриваемые бассейны относятся к двум субъектам Российской Федерации (Республика Крым и город федерального значения Севастополь), то проведение экологического мониторинга и сбор проб находится в пределах ответственности различных юридических лиц. В тоже время в Республике Крым также ответственность за проведение мониторинга лежит на различных юридических лицах, что вызывает определенные сложности с поиском и доступностью данных.

2. Отсутствие в большинстве случаев открыто опубликованных данных о загрязнении вод водных объектов и рек в количественном выражении. В большинстве источников не указываются концентрации и содержания тех или иных химических элементов и показателей, если они не превышают значений ПДК. В тоже время если значения превышают ПДК – то указывается только то, во сколько раз наблюдается превышение ПДК.

Однако бесспорным остается факт, что реки и водные объекты, расположенные в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, как и всего Крымского полуострова в целом, испытывают негативное воздействие. В связи с этим необходимо проводить комплекс мероприятий, направленных на уменьшение антропогенного воздействия.

Для снижения антропогенного воздействия на водные объекты необходимо проводить целенаправленную политику. К основным мероприятиям, которые позволяют снизить загрязнение рек и водных объектов относятся:

1. уменьшение количества сбросов неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в реки из различных источников загрязнения;

2. снижение выбросов химических загрязняющих веществ, попадающих в воду, в том числе пестицидов и гербицидов, используемых в сельском хозяйстве;
3. стимулирование создания экологически чистых производств и контроля за соблюдением экологического законодательства и выбросами;
4. совершенствование технологий очистки сточных вод;
5. повышение экологической грамотности населения и развитие экологического туризма;
6. развитие международного сотрудничества в области охраны водных объектов.

В целом, для снижения загрязнения водных объектов требуется применение комплексного подхода и усилий со стороны всех заинтересованных сторон – правительств, бизнеса, населения и экологических организаций.

Одними из таких мероприятий является проведение работ по бассейновому планированию, которое включает в себя элементы ландшафтного и территориального планирования. Планирование может играть важную роль в уменьшении загрязнений вод в реках, так как оно направлено на организацию пространства и управление земельными ресурсами с учетом природных, социальных и экономических факторов. Также необходимо проводить мероприятия, по разработке системы мониторинга и контроля за качеством вод в реках и водных объектах, что позволит своевременно выявлять загрязнения и принимать меры по их устранению. В результате всего этого, планирование может способствовать созданию благоприятных условий для сохранения водных ресурсов и уменьшения загрязнений в реках.

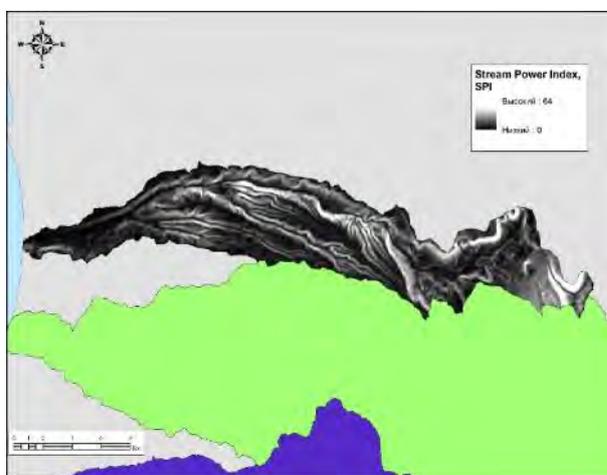
Сравнение ПДК одного и того же вещества по различным нормативным документам может вызвать ряд сложностей, в силу того что, во-первых, необходимо учитывать для каких целей используется вода. Во-вторых, возможны различные методики определения ПДК для одного и того же вещества, и зачастую эти методики не указываются в работах различных авторов. В тоже время, использование методики определения ПДК обладает большими достоинствами: ПДК позволяет контролировать уровень загрязнения воды и оценивать его соответствие стандартам качества; ПДК могут использоваться в качестве основы руководства для разработки и принятия мер по защите водных ресурсов от загрязнения; ПДК являются общепризнанным инструментом для оценки качества воды и могут быть использованы для сравнения уровня загрязнения воды на разных территориях и в разные периоды времени. Однако у использования методики оценки загрязнения через ПДК есть некоторые недостатки, которые в основном сводятся к следующему: сложности проведения анализов воды на различные загрязняющие вещества, сложности с отбором проб, невозможность отбора проб одновременно на большой территории исследования, большие денежные затраты на экспедиционные исследования для отбора проб; ПДК могут определяться только для отдельных веществ и не

учитывать возможные синергетические эффекты, которые могут возникнуть при совместном действии нескольких загрязняющих веществ. Также стоит отметить, что в различных странах могут быть установлены различные нормативы ПДК, что делает сложным и часто невозможным сравнение данных.

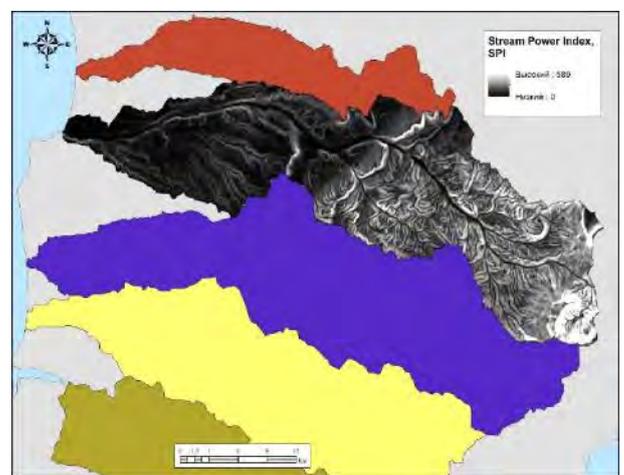
4.8. Проявление эрозии и потери почвы в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Согласно формуле (2.21) для бассейнов рек северо-западных склонов Крымских гор – Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная – были рассчитаны значения индекса мощности линейной эрозии (рис. 4.43). Как видно из рисунка 4.43 в бассейне реки Западный Булганак значения индекса мощности линейной эрозии колеблются от 0 до 64, реки бассейне реки Альма – от 0 до 589, бассейне реки Кача – от 0 до 438, бассейне реки Бельбек – от 0 до 742, бассейне реки Черная от 0 до 343. При этом не наблюдается прямая зависимость значений индекса мощности линейной эрозии от площади бассейна реки. Максимальные значения индекса мощности линейной эрозии характерны для бассейна реки Бельбек, в то время как бассейны рек Альма и Кача имеют большую площадь чем площадь бассейна реки Бельбек [Табунщик, 2018, 2021].

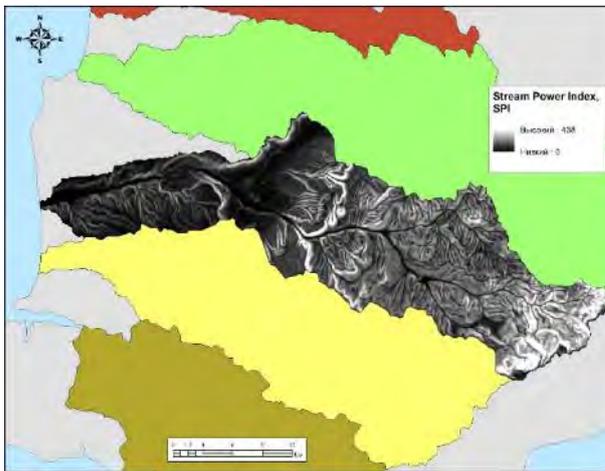
Как видно из рисунка 4.43 максимальные значения индекса мощности линейной эрозии наблюдаются в верховьях бассейнов рассматриваемых рек. При этом наибольшими значениями индекса мощности линейной эрозии характеризуется бассейн реки Бельбек, а наименьшими – бассейн реки Западный Булганак.



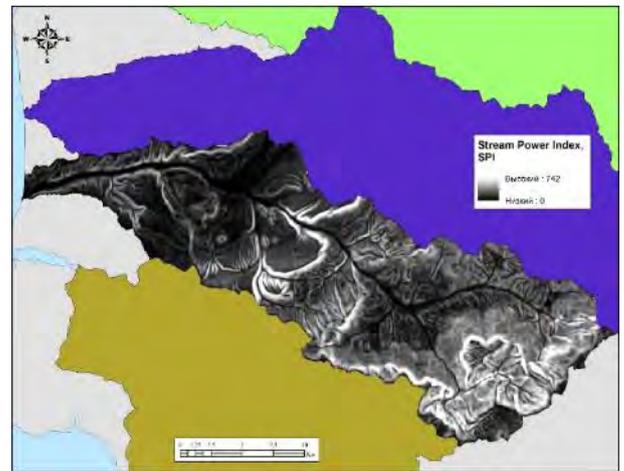
(a)



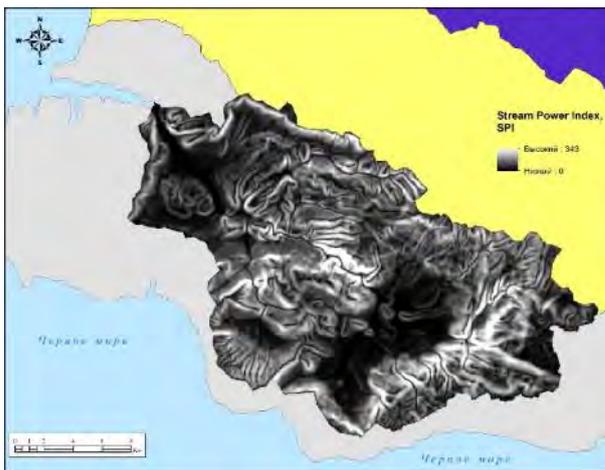
(b)



(c)



(d)



(e)

Рис. 4.43 – Значение индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) в бассейне реки: (а) Западный Булганак; (б) Альма; (с) Кача; (д) Бельбек; (е) Черная [Табунщик, 2021].

По модели RUSLE в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 4.44) наблюдается высокие потенциальные потери почвы, что связано в первую очередь с влияние сложного рельефа в пределах речных бассейнов. Наименьшие потенциальные потери почвы среди рассматриваемых бассейнов рек характерны для бассейна реки Западный Булганак, в силу его наиболее равнинного рельефа, по сравнению с другими бассейнами. Так, для бассейна реки Западный Булганак потенциальные потери почвы достигают 8 т/га год, в то время как в бассейне реки Альма – 17 т/га год, Кача – 32 т/га год, Бельбек – 31 т/га год, Черная – 24 т/га год. В тоже время следует отменить, что среди всех рассматриваемых факторов, в модель RUSLE наибольший вклад для рассматриваемых нами бассейнов вносит LS – фактор (рис. 4.43).

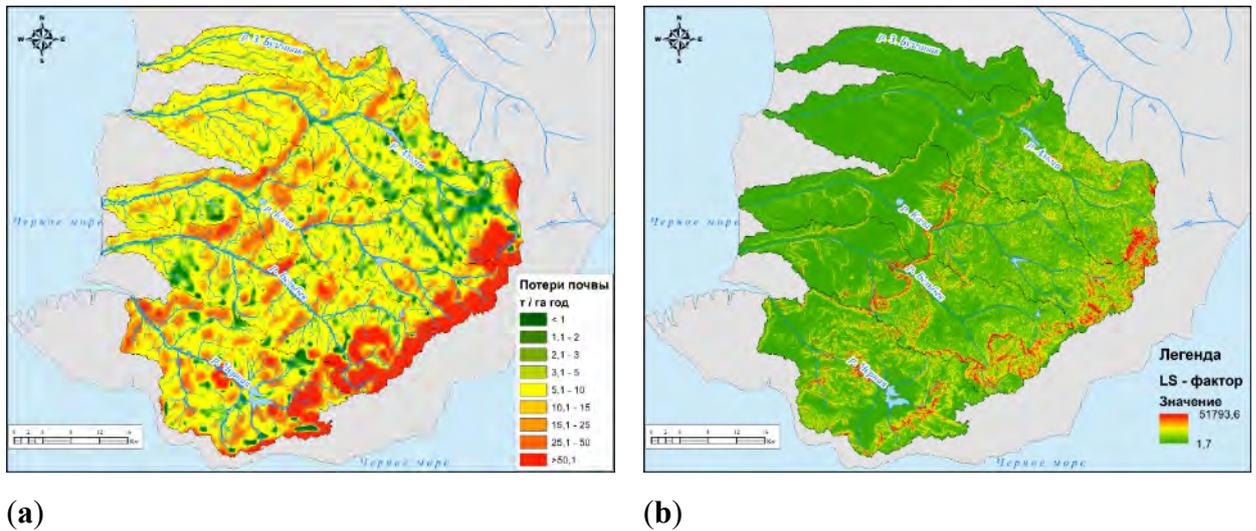


Рис. 4.44 –. Потенциальные потери почвы (по модели RUSLE) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор: (а) Потери почвы; (б) LS-фактор

Таким образом в силу сложного рельефа, роста антропогенной преобразованности, сокращением площадей естественных ландшафтов развитие эрозии в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор представляет большую опасность. Например, в крупной работе [Maltsev, Yermolaev, 2019] при оценке эрозионных потерь почвы, территория Крымского полуострова не учитывается. Для борьбы с водной эрозией существует ряд комплексных мер: организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические. Все они должны проводиться с учетом зональных ландшафтных условий (и особенно учитывать увлажнение, рельеф и общий характер проявления эрозии). Организационно-хозяйственные меры заключаются в комплексной оценке процесса эрозии, разработка противоэрозионных мероприятий и своевременное их применение. Агротехнические меры представляют собой комплекс правильной обработки почв, которая помогает свести к минимуму вымывание почвы (землю следует пахать поперёк склона; прокладка ливневых борозд; заравнивание ям и другое). Необходимо использовать специальные удобрения, следить за процессом снеготаяния и снегозадержания. Также одной из действенных мер является посев многолетних культур. Лесомелиоративные и гидротехнические меры заключаются в создании искусственного водоотведения и защите основных земельных массивов - на склонах высаживаются лесополосы, а для отведения талой воды строятся специальные каналы, плотины, создаются искусственные водоёмы. Соблюдение всех противоэрозионных правил позволит сохранить плодородный слой почвы и избежать негативных последствий для ландшафтов и экосистем [Табунщик, 2021].

4.9. Потенциальное подтопление и затопление в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

На основе геоинформационного моделирования составлена карта подверженности территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор затоплению и подтоплению (рис. 4.45).

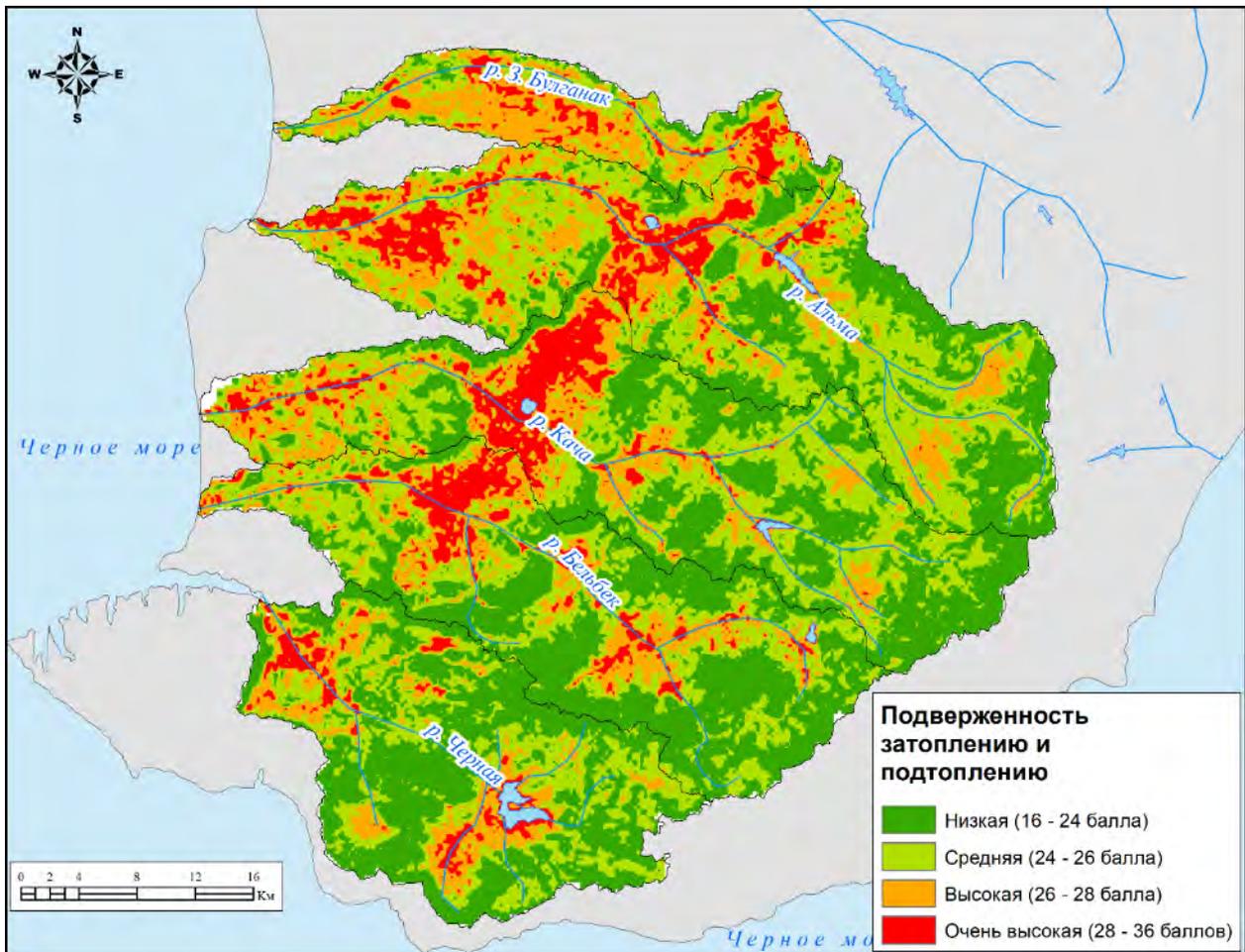


Рис. 4.45 – Подверженность затоплению и подтоплению в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор

Как видно из рисунка 4.45 наибольшее вероятность подтопления и затопления характерна для центральной части исследуемого района, в силу наличия сложного куэстового рельефа и развития здесь основных центров хозяйственного освоения (крупные населенные пункты в том числе город Бахчисарай, трасса Таврида и пр.). Если рассматривать распределение основных классов по территории, то можно отметить, что на 36.2% исследуемой территории вероятность возникновения подтопления и затопления характеризуется как низкая, на 34.1% территории

исследования – как средняя, на 19.0% исследуемой территории – как высокая и на 10.7% территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор – как очень высокая.

В таблице 4.13 приведено распределение значений подверженности территории бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная в процентах от общей площади бассейна.

Таблица 4.13 – Подверженность затоплению и подтоплению территории бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная

Подверженность затоплению и подтоплению	Речной бассейн (% от общей площади бассейна)				
	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Низкая	13.6%	26.9%	36.8%	44.6%	48.5%
Средняя	33.0%	39.2%	34.0%	31.1%	30.4%
Высокая	38.4%	22.1%	17.4%	14.4%	14.4%
Очень высокая	15.0%	11.8%	11.8%	10.0%	6.6%

Как видно из таблицы 4.13, наибольшая вероятность возникновения подтопления и затопления территории характерен для бассейна реки Западный Булганак, где высокой и очень высокой подверженностью к затоплению территории характеризуется 53,4% территории бассейна реки. В тоже время, в бассейнах рек Бельбек и Черная наблюдается на большей части территории бассейнов рек низкие значения вероятности подтопления и затопления.

Таким образом, влияние подтопления и затопления территории в пределах бассейна реки является очень важным критерием, который необходимо учитывать во многих аспектах хозяйственной деятельности (при планировании строительства дорог, населенных пунктов, развитии инфраструктуры региона в целом) и соответственно необходимо учитывать при проведении комплексной оценки геоэкологического состояния территории речного бассейна.

4.10. Тенденции изменения растительного покрова в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

В бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор проанализирована динамика изменения вегетационного индекса NDVI с 2019 по 2021 года. Полученные результаты представлены на рисунках 5.44 и 4.47. На рисунке 4.46 представлены карты, которые отражают пространственно-временную изменчивость вегетационного индекса в пределах исследуемой территории. На рисунке 4.47 представлена динамика изменения средних значений вегетационного индекса NDVI в пределах речных бассейнов Западного Булганака, Альмы, Качи, Бельбека и Черной.

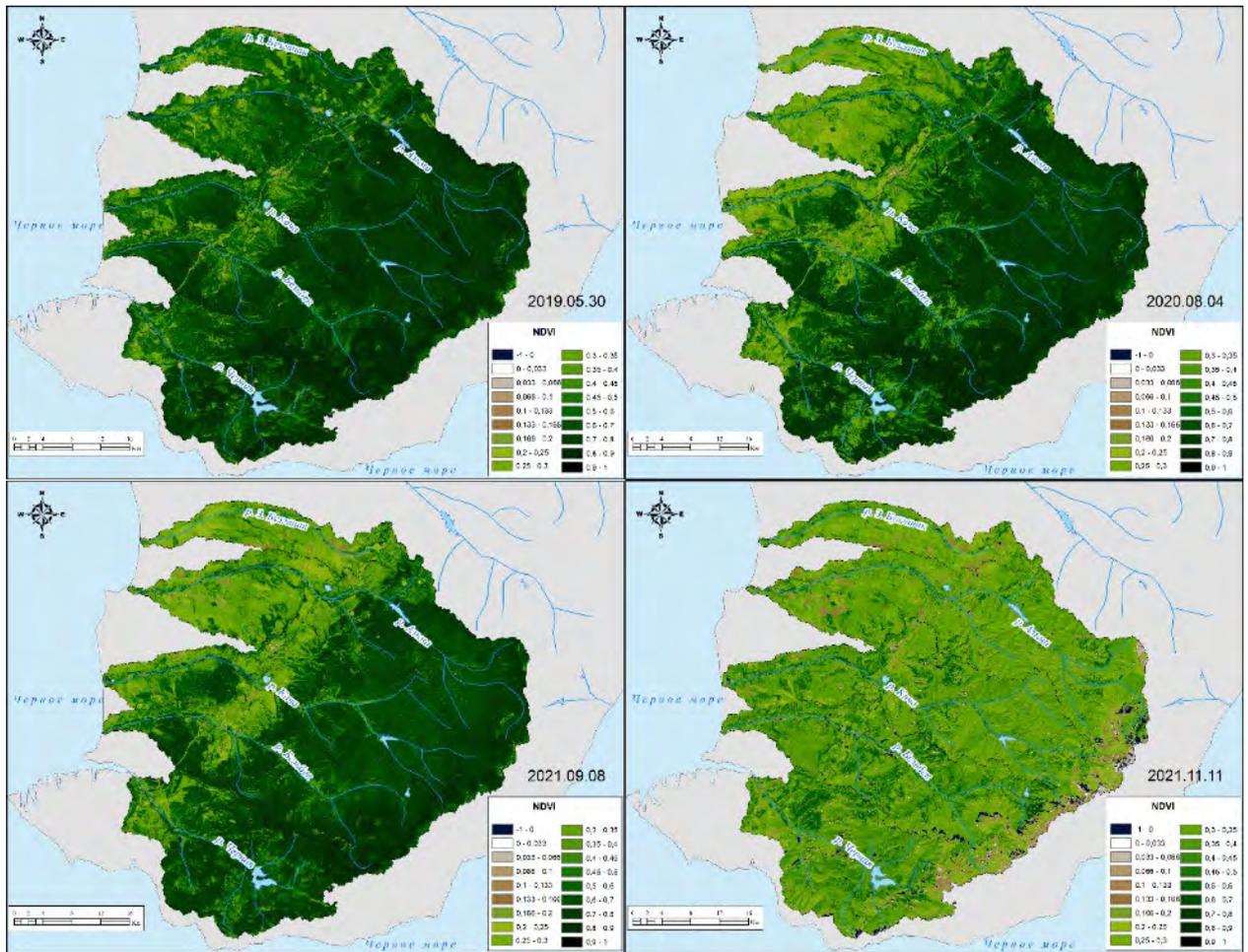


Рис. 4.46 – Значения вегетационного индекса NDVI в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (фрагменты карт за 2019.04.32; 2020.08.04; 2021.09.08; 2021.11.11)

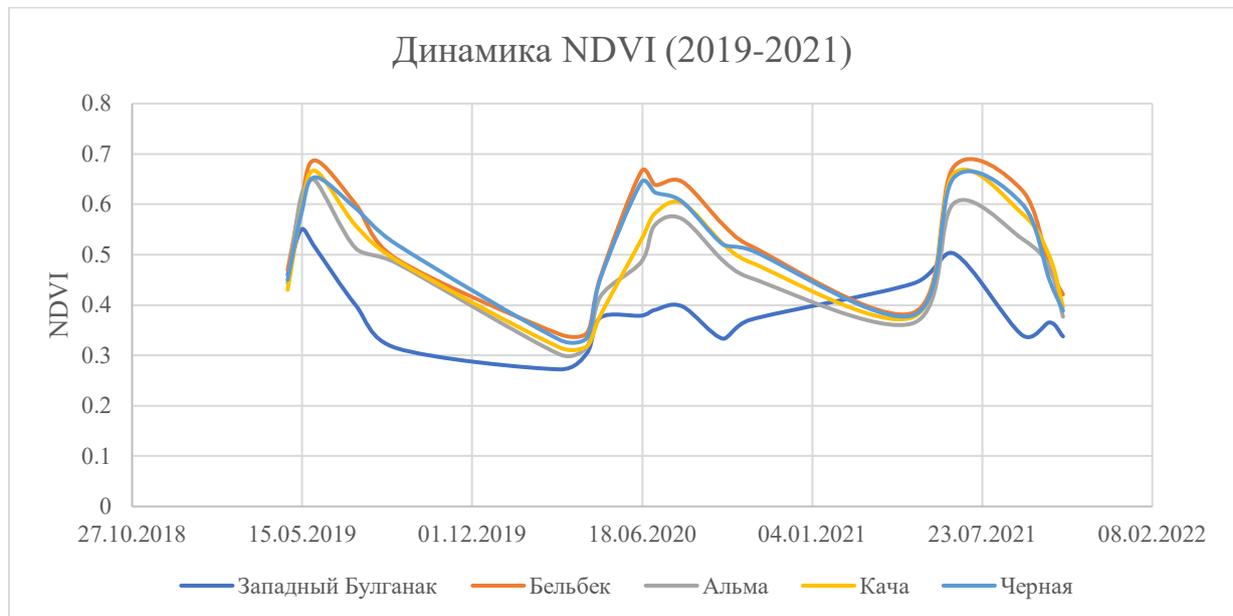


Рис. 4.47 – Динамика изменения вегетационного индекса NDVI в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в 2019-2021 гг.

Как видно из рисунка 4.46 наблюдается общая тенденция изменения средних значений вегетационного индекса NDVI в пределах бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная. Из общей картины существенно выделяется бассейн реки Западный Булганак. Очевидно, что это связано с тем, что в пределах бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная большую площадь занимают леса, в то время как в бассейне реки Западный Булганак лесов крайне мало и большая часть территории бассейна занята, как отмечается в [Tabunshchik, Gorbunov, Gorbunova., 2022], полями и возделываемыми землями. В тоже время можно отметить, что динамика вегетационного индекса NDVI хорошо подвержена изменениям по сезонам года, о чем свидетельствуют данные рисунка 4.46. Исследование динамики вегетационного индекса NDVI является важным составным элементом при геоэкологической оценке речных бассейнов. Данные, полученные с помощью NDVI, помогают выявлять тенденции в изменении зеленого покрова и принимать меры по сохранению природных ресурсов.

Анализ изменения значений вегетационного индекса NDVI в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор за 2000-2022 гг. показывает, что в пределах большей части исследуемого района наблюдается положительный тренд изменений, направленный на рост количества зеленой фитомассы (рис. 4.48).

В тоже время отрицательный тренд и снижение количества зеленой фитомассы характерно для территорий, которые примыкают к трассе Таврида, соединяющей города Симферополь и Севастополь, а также к отдельным участкам на северо-западе исследуемого района, что связано с развитием здесь сельскохозяйственной деятельности, которая за рассматриваемый период прерывалась. Так же большой участок территории района исследования с отрицательным значением тренда NDVI характерен для северной и северо-восточной части района исследования (верховья рек Западный Булганак и Альма), что связано с неблагоприятным влиянием города Симферополь и его пригородов.

На рисунке 4.49 показано пространственное распределение индекса Херста, рассчитанное на основе значений вегетационного индекса NDVI в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор за 2000-2022 гг.

Как видно из рисунка 4.49, наблюдается закономерное изменение пространственного распределения индекса Херста в пределах исследуемой территории с юго-востока на северо-запад с уменьшением абсолютных высот. В первую очередь это связано с тем, что на юго-западе в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор располагаются леса и ООПТ, как наименее подверженные негативным воздействиям ландшафты, а на северо-западе – искусственно создаваемые и поддерживаемые сельскохозяйственные ландшафты. Поэтому наибольшие значения индекса Херста ($>0,5$) для юго-восточной части района исследования

указывают на то, что будущая тенденция изменения NDVI будет схожа с прошлыми наблюдаемыми тенденциями, а в северо-западной – где значения индекса Херста менее 0,5 – указывает на то, что будущая тенденция изменения NDVI будет противоположна прошлым тенденциям и здесь могут возникать ситуации связанные со снижением количества фитомассы в будущих изменениях NDVI.

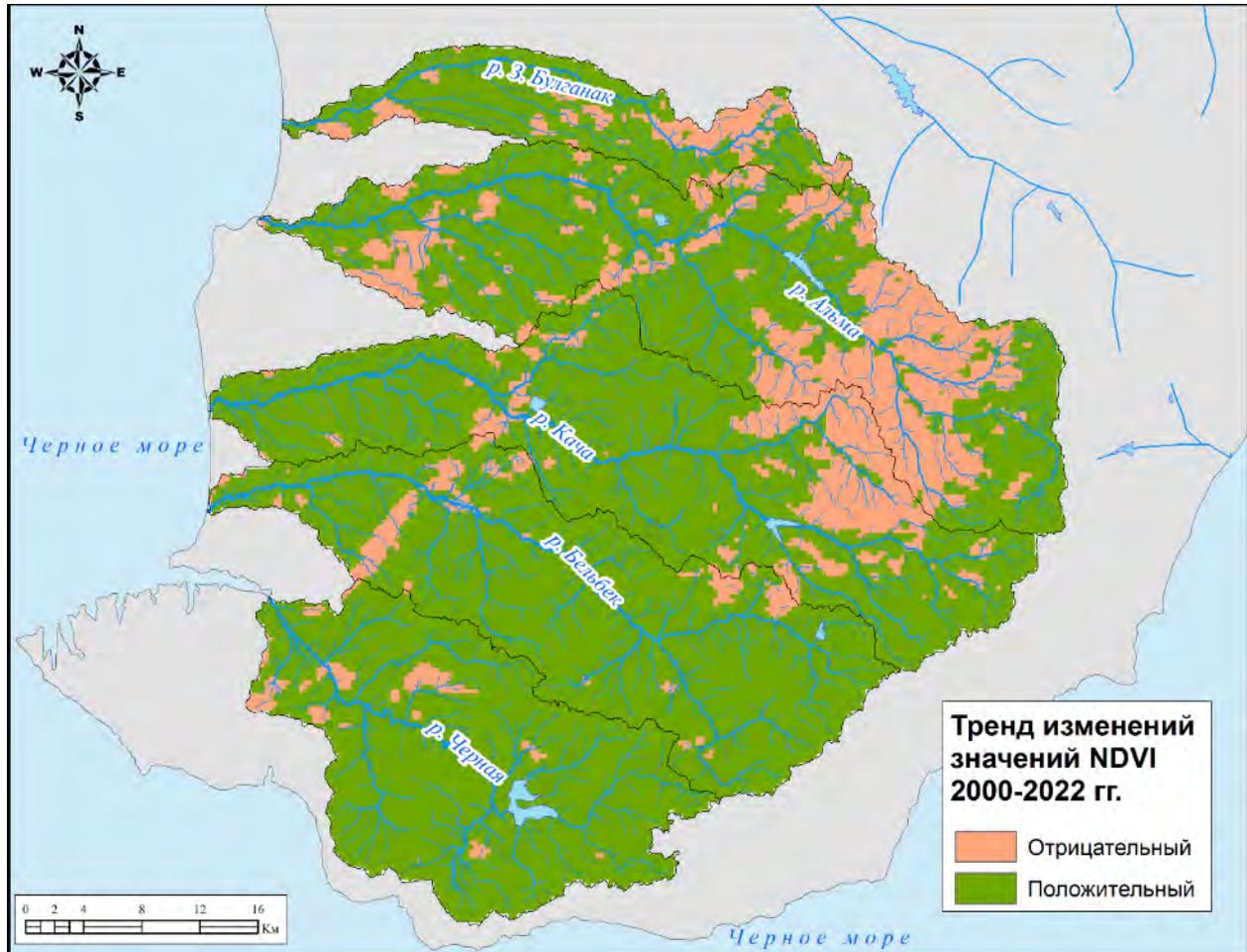


Рис. 4.48. Тренд изменения значений NDVI в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

На основе расчета значений индекса Херста и направленности трендов изменения составлена карта прогноза устойчивости растительного покрова в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 4.50).

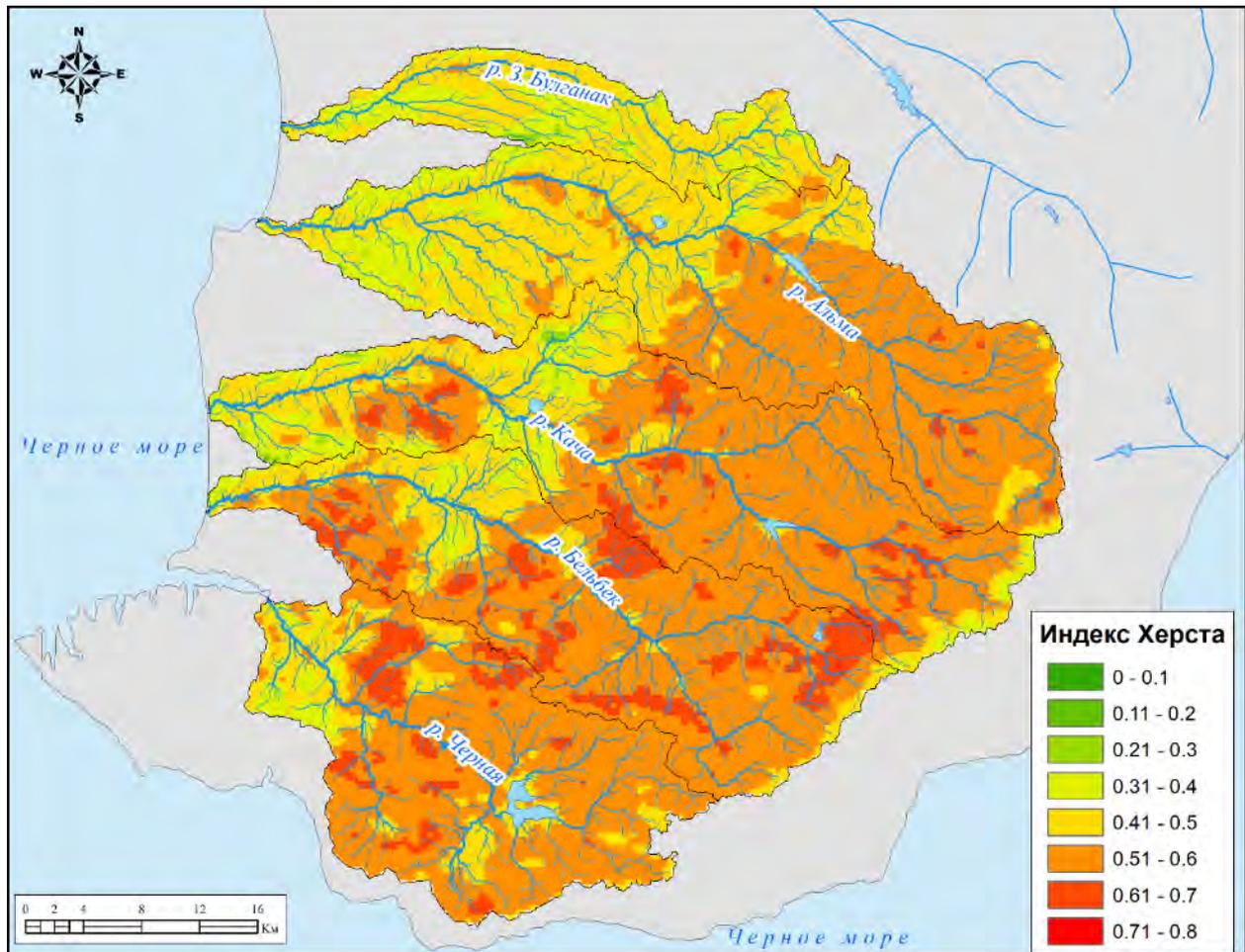


Рис. 4.49. Значения индекса Херста в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Из рисунка 4.50 видно, что для большей части территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор тенденция изменения устойчивости растительности неопределенная и вряд ли измениться. Тенденция к деградации растительного покрова наблюдается в нижнем течении всех рассматриваемых рек, но в большей степени в нижнем течении рек Западный Булганак и Алма, а также в самых возвышенных участках речных бассейнов, граничащих с яйлами Крымских гор, в особенности в самых верховьях бассейна реки Кача. Очаги постоянного улучшения состояния растительного покрова связаны с ядрами ООПТ и лесных экосистем, которые являются центрами наиболее стабильных и менее подверженных антропогенному воздействию участков территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

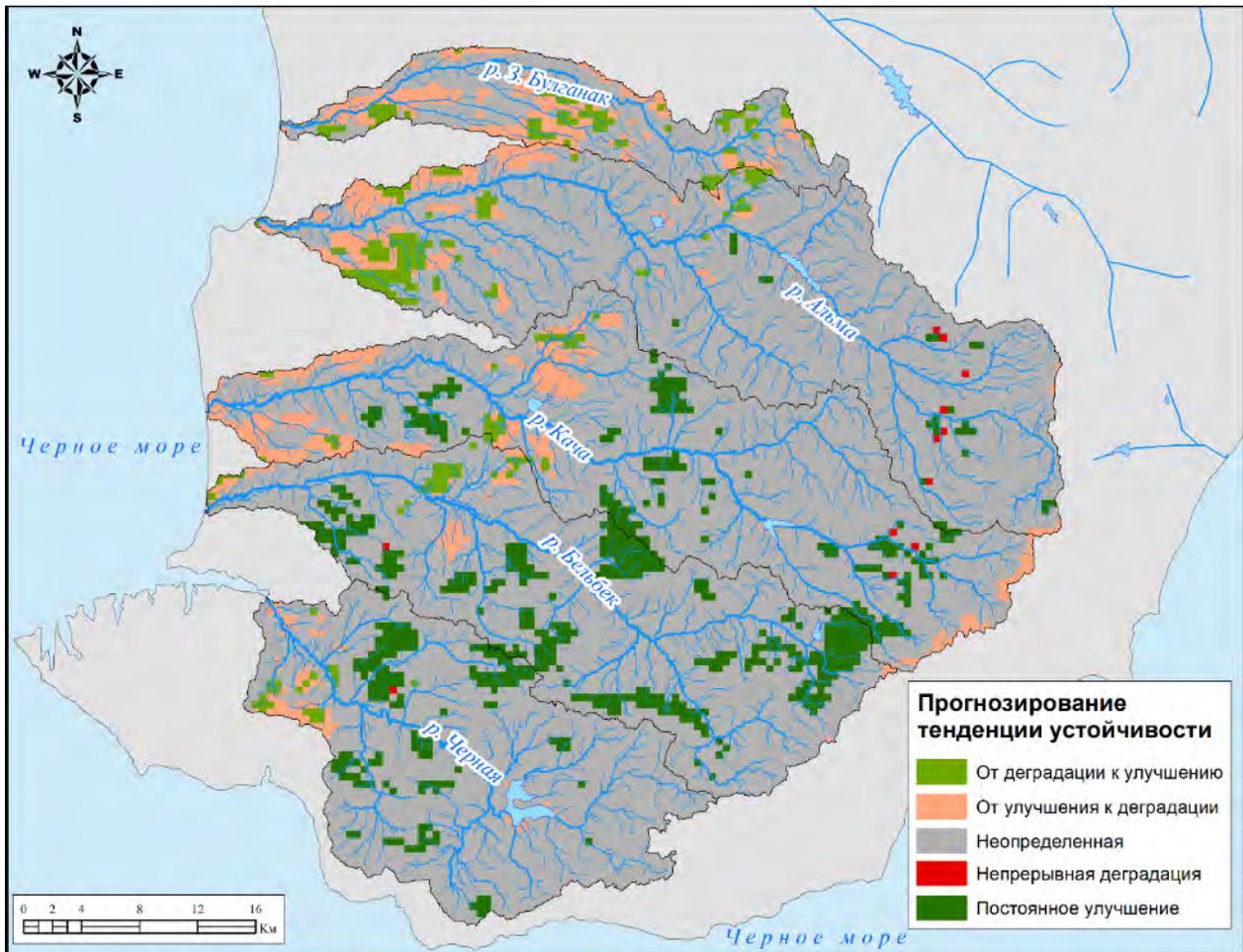


Рис. 4.50. Прогноз изменения улучшения/деградации растительного покрова в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Вегетационный индекс NDVI служит ключевым показателем в области изучения динамики растительного покрова. Используя данные дистанционного зондирования, в основном полученные со спутниковых датчиков, NDVI облегчает получение информации, касающейся плотности и состояния растительности в пределах выбранного географического района [Development of winter..., 2022]. Изучение вегетационного индекса NDVI широко применяется для мониторинга экосистем и ландшафтов и управление ими. Также исследование NDVI играет важную роль в изучении климата и эмиссии газов. Таким образом, вегетационный индекс NDVI представляет собой мощный и незаменимый инструмент для изучения динамики растительного покрова.

4.11. Климатические изменения в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Рассмотрим влияние на количество выпадающих осадков и температуру воздуха смены циркуляционных эпох и периодов в северном полушарии (таблицы 4.14 и 4.15).

Таблица 4.14 – Изменение количества выпадающих осадков в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария

Циркуляционные эпохи и периоды	Среднее значение количества выпадающих осадков в бассейне реки, мм				
	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Зональная циркуляционная эпоха (1916-1956)	459,7	517,7	548,7	520,8	514,0
1 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1957–1969)	487,2	543,2	551,7	540,4	544,1
2 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1970–1980)	473,1	539,4	549,6	539,8	535,6
3 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981–1997)	484,6	570,9	592,7	595,5	582,3
4 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998–2019)	518,3	640,0	652,2	687,7	673,8

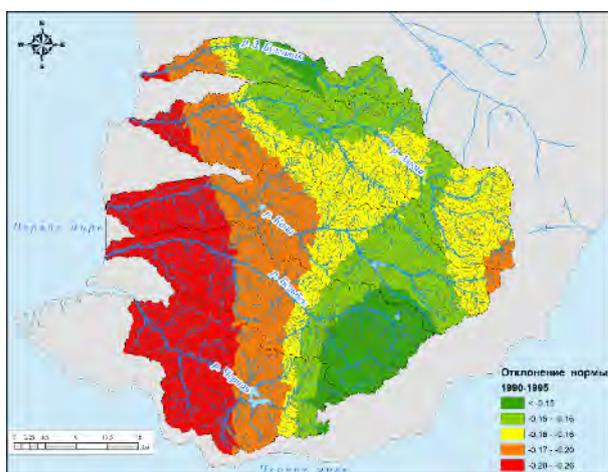
Как видно из таблицы 4.14 наблюдается рост количества выпадающих осадков в пределах каждого из рассматриваемых бассейнов. Причем, в бассейнах всех рек за исключением Западного Булганака, рост более высокий. В тоже время нужно понимать, что рост количества выпадающих осадков и их характер выпадения (зачастую ливневого быстрого выпадения) способствуют развитию эрозионных процессов. Схожая картина наблюдается и со среднегодовым распределением поля температуры воздуха в пределах бассейнов рассматриваемых рек (таблица 4.15).

Как видно из таблицы 4.15 во всех бассейнах рек наблюдается тенденция к росту среднегодовых значений температуры воздуха, более чем на 1 °С. Это характерно для других регионов в рамках изучения изменения температуры воздуха в пределах всего Крымского полуострова [Изменение температуры..., 2020; Динамика температуры..., 2021]. Интересно отметить, что здесь также выделяется значения температуры воздуха в бассейне Западный Булганак, которые выше, чем в бассейнах рек Альма, Кача, Бельбек и Черная. Очевидно, это связано с отсутствием лесов в большей части бассейна реки Западный Булганак и как следствие большим контрастом и перемешиванием воздушных масс.

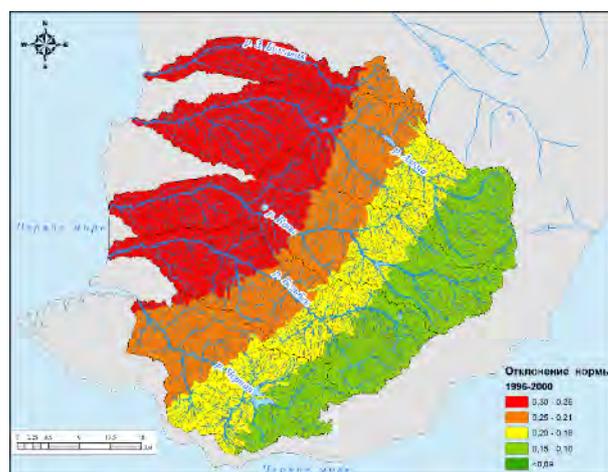
Таблица 4.15 – Изменение среднегодовых значений температуры воздуха в бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария

Циркуляционные эпохи и периоды	Среднегодовое значение температуры воздуха в бассейне реки, °С				
	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Зональная циркуляционная эпоха (1916-1956)	10,4	9,6	9,5	9,4	9,6
1 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1957-1969)	11,0	10,1	10,0	9,9	10,1
2 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1970-1980)	10,9	10,0	9,9	9,8	10,0
3 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1981-1997)	10,8	9,9	9,8	9,8	9,9
4 период меридиональной южной циркуляционной эпохи (1998-2019)	11,7	10,8	10,7	10,6	10,8

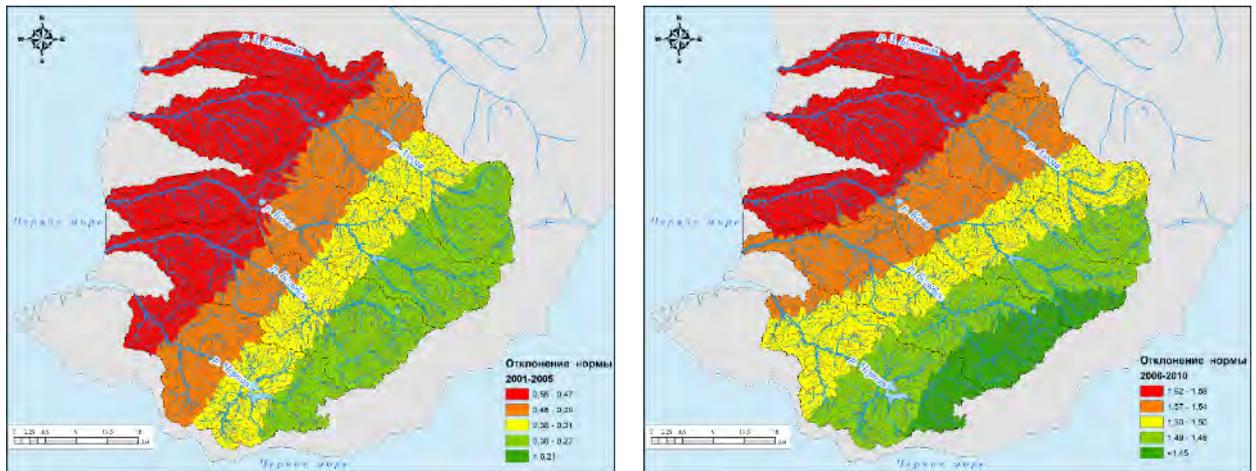
В тоже время нужно понимать, что для более детального изучения необходимо использовать понятие среднемноголетнем значении, которое будет выступать как некая норма, с которой необходимо сравнивать значения в определённые периоды времени или года. При сравнении с такой нормой значений температуры воздуха значений за пятилетний период (рис. 4.51) отчетливо видно, что в последние годы наблюдается тенденция к увеличению значений температуры.



(a)



(b)



(c)

(d)

Рис. 4.51 – Отклонение значений температуры воздуха от среднегодовой нормы в: (а) в 1990-1995 гг.; (б) в 1996-2000 гг.; (с) в 2001-2005 гг.; (д) в 2006-2010 гг.

В тоже время несмотря на наличие такой тенденции на повышение средних значений температуры воздуха и отклонения ее от нормы, она проявляется по-разному. Наиболее подвержены климатическим изменениям приустьевые части речных бассейнов, в то время наиболее стабильными в климатическом отношении выступают наиболее возвышенные участки речных бассейнов, т.е. некое ядро, расположенное высоко в Горном Крыму. Важно также сказать, то, что полученные на рисунке 4.51 данные соотносятся с данными, полученными при анализе циркуляционных эпох и периодов климатической динамики, в том плане, что до 1995 года тенденция отклонения от нормы наблюдалась в противоположную сторону.

4.12. Комплексная оценка геоэкологического состояния территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Для оценки геоэкологического состояния использовалась балльная оценка. В пределах рассматриваемой территории оценка геоэкологического состояния изменяется от 30 до 68 баллов. Для перехода от количественных данных к классификации были использованы возможности программного комплекса ArcGIS (вкладка «Символы» в разделе «Свойства» раstra). При классификации использовался метод классификации «Квантиль». Для выбора названий кластеров была использована четырехгранная оценочная структура Б.В.Виноградова [Теория и методология..., 1997]. В результате получена карта оценки геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 4.52) и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 4.53). Как видно из рисунков 4.52 и 4.53 наблюдается существенные различия в пространственной дифференциации показателя оценки

геоэкологического состояния. Наибольшие значения характерны для северо-западной части исследуемого района, а наименьшие для южной, восточной и юго-восточной частей исследуемого района. Это связано в первую очередь с историческими факторами развития территории и структурой природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Оптимальные (нормальные) показатели характерны для территорий покрытых лесом и находящихся в пределах ООПТ, а удовлетворительные и неблагоприятные характерны для крупных населенных пунктов и прилегающих к ним территорий, староосвоенных территорий и территорий занятых в сельском хозяйстве. Если рассмотреть средние значения показателя геоэкологической оценки по речным бассейнам то установлено что для бассейна реки Западный Булганак он изменяется от 51 до 64 баллов, при среднем значении 58,1 балла; для бассейна реки Альма – от 31 до 68 баллов, при среднем значении 52,5 балла; для бассейна реки Кача – от 36 до 66 баллов, при среднем значении 50,4 балла; для бассейна реки Бельбек – от 30 до 63 баллов, при среднем значении 46,9 балла; для бассейна реки Черная – от 30 до 64 баллов, при среднем значении 43,2 балла. Рассмотрим более детально пространственное распределение значений оценки геоэкологического состояния в пределах бассейнов и суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (таблица 4.16).

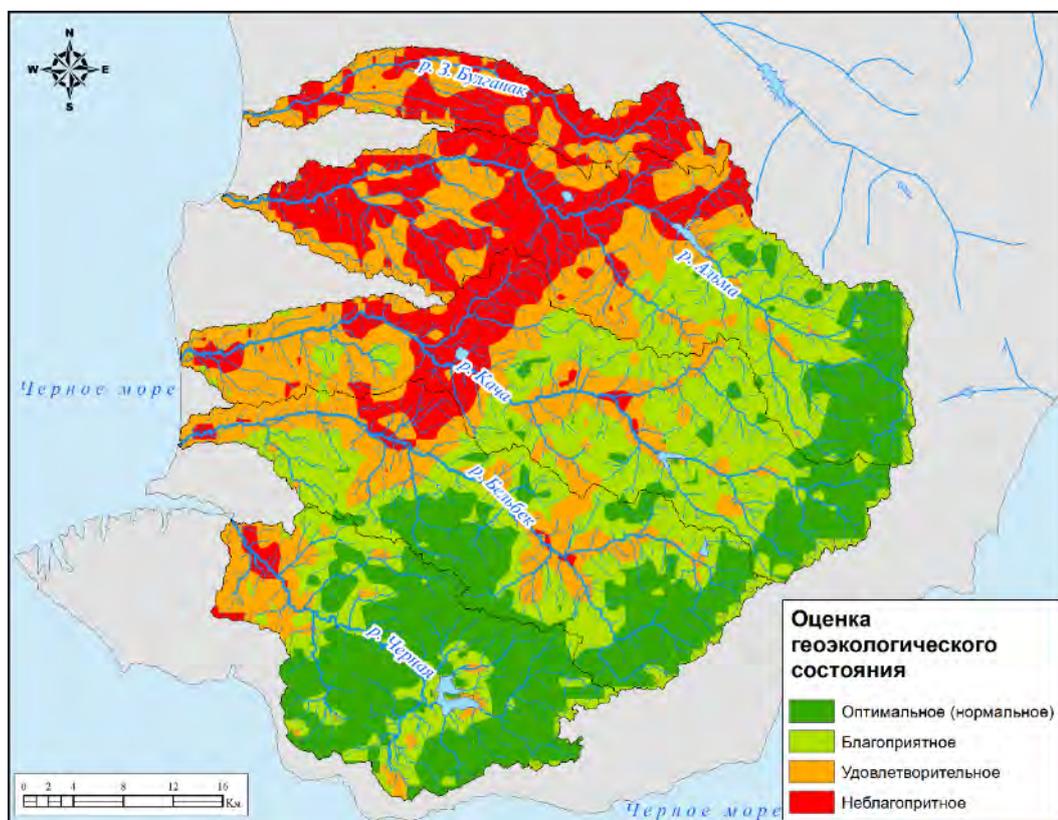


Рис. 4.52 – Оценка геоэкологического состояния в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

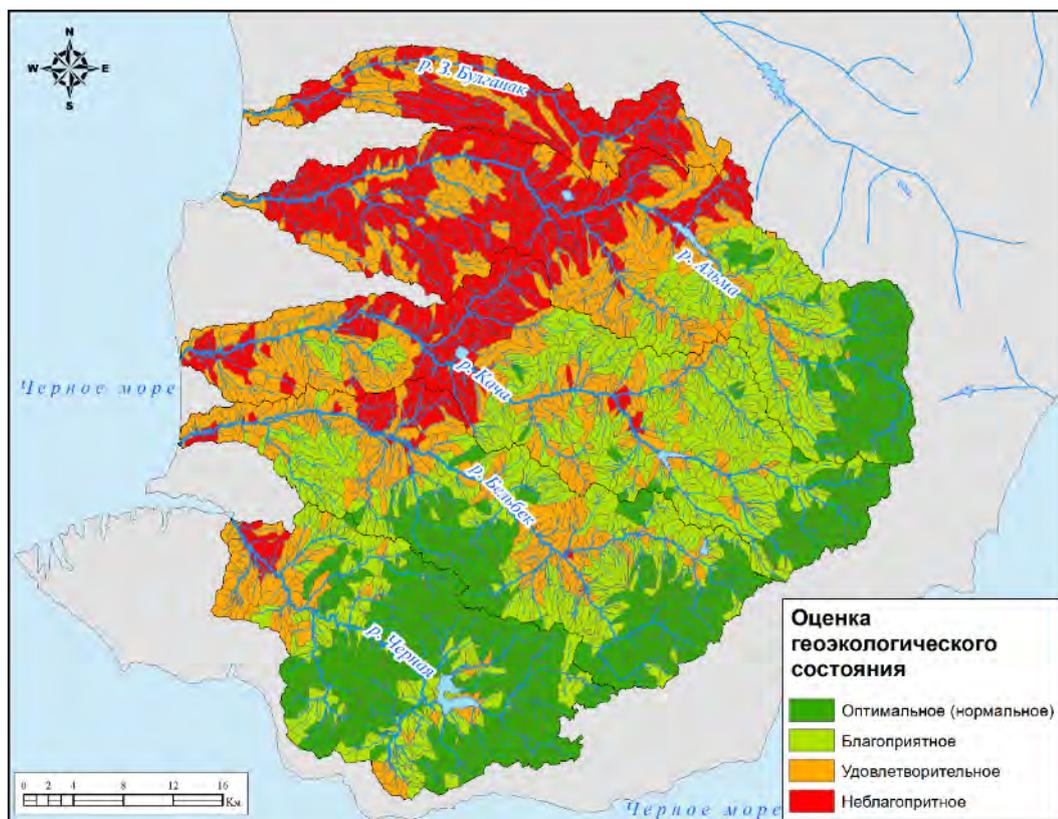


Рис. 4.53 – Оценка геоэкологического состояния в пределах суббассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (средние значения)

Таблица 4.16 – Распределение значений оценки геоэкологического состояния в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (в % от общей площади бассейна реки)

Геоэкологическое состояние (% от площади бассейна реки)	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
Оптимальное (нормальное)	0.0	15.8	14.1	34.5	60.8
Благоприятное	0.0	21.7	37.6	32.6	22.4
Удовлетворительное	40.7	28.7	30.2	25.0	14.5
Неблагоприятное	59.3	33.8	18.1	8.0	2.3

Как видно из таблицы 4.16 бассейн реки Западный Булганак характеризуется главным образом удовлетворительным и неблагоприятным геоэкологическим состоянием (100% территории бассейна реки), что указывает на серьезные проблемы и необходимость принятия срочных мер по восстановлению и охране окружающей среды в пределах изучаемого речного бассейна. Благоприятное геоэкологическое состояние занимает только 1,0% площади бассейна, что указывает на наличие небольших участков с незначительными негативными воздействиями. В целом бассейн реки Западный Булганак имеет самые худшие показатели оценки геоэкологического состояния по сравнению с другими рассматриваемыми речными бассейнами. Для бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная оценочные значения намного выше. Бассейн реки Альма так же характеризуется значительным высоким удовлетворительными и

неблагоприятным значениями геоэкологической оценки (62,5% от площади бассейна), однако здесь имеются участки территории бассейна занятые благоприятным и оптимальным значениями при оценки геоэкологического состояния. В бассейне реки Кача доля земель с оптимальным и благоприятным геоэкологическим состоянием занимает уже более 51%, а в бассейне реки Бельбек – 67%. Наилучшее геоэкологическое состояние характерно для бассейна реки Черная, где оптимальное геоэкологическое состояние занимает 60,8% от общей площади бассейна, указывая на высокое качество окружающей среды в большей части бассейна реки, а благоприятное геоэкологическое состояние занимает 22,4% площади бассейна, указывая на небольшие участки с незначительными негативными воздействиями различных факторов.

В целом можно сказать, что в результате оценки геоэкологического состояния установлено что наиболее подверженным влиянию негативного воздействия являются бассейны рек Западный Булганак и Альма, а наименее подверженными – бассейны рек Черная и Бельбек.

4.13. Рекомендации по устойчивому развитию территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор

Таким образом, что того, чтобы сохранить устойчивое развитие территории речного бассейна необходимо осуществлять бассейновое планирование, которое будет включать в себя элементы территориально и ландшафтного планирования. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор составлена карта бассейнового планирования (рис. 4.54). Учитывая выявленные различия в геоэкологическом состоянии бассейнов рек на исследуемой территории, необходимо разработать и реализовать ряд рекомендаций по устойчивому развитию данной территории. Во-первых, следует уделить особое внимание восстановлению и охране окружающей среды в бассейне реки Западный Булганак, который имеет самые неблагоприятные показатели оценки геоэкологического состояния. Необходимо принять срочные меры для устранения негативных воздействий и восстановления природных экосистем, включая восстановление лесных покровов и регулирование природопользования в этом бассейне.

Во-вторых, для бассейна реки Альма, который также имеет значительные проблемы с геоэкологическим состоянием, рекомендуется провести комплексные мероприятия по снижению загрязнения воды и восстановлению природных биоразнообразий. Это может включать создание специальных зон охраны, регулирование промышленной и сельскохозяйственной деятельности, а также проведение образовательных кампаний для местного населения.

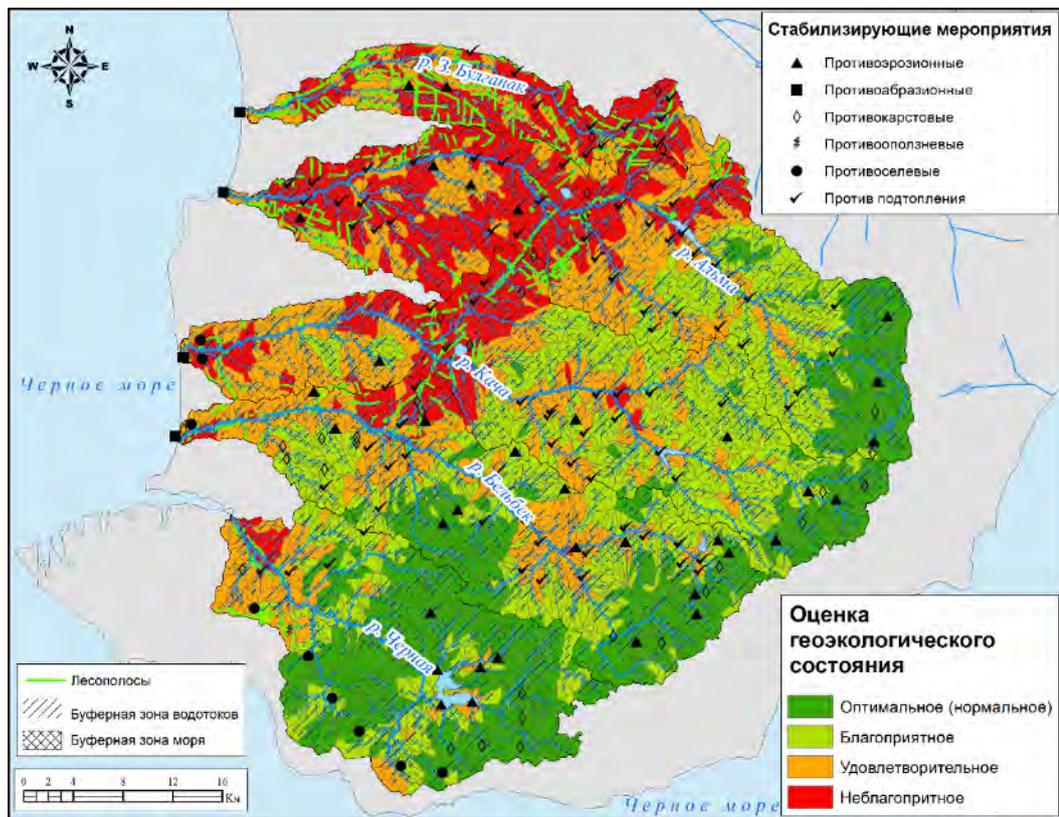


Рис. 4.54 – Бассейновое планирование в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор.

В-третьих, бассейн реки Кача имеет более благоприятные показатели геоэкологической оценки, однако следует продолжить усилия по сохранению и улучшению состояния природных ресурсов. Это может включать внедрение экологически чистых технологий в сельском хозяйстве, регулирование туристической деятельности и поддержку устойчивых практик использования природных ресурсов.

В-четвертых, для бассейна реки Бельбек, который имеет относительно высокие показатели геоэкологической оценки, необходимо продолжить усилия по сохранению и защите природных экосистем. Важно уделять внимание контролю над загрязнением воды и регулированию хозяйственной деятельности на прилегающих территориях.

В-пятых, бассейн реки Черная, с лучшими показателями геоэкологической оценки, требует поддержания и укрепления уже достигнутых результатов. Однако необходимо продолжать контроль за возможными негативными воздействиями, особенно в связи с возможным развитием промышленности и туризма в этом районе.

В целом, для обеспечения устойчивого развития территории бассейнов рек рекомендуется интегрированный подход, включающий контроль загрязнений, восстановление природных экосистем, регулирование природопользования, развитие экологически чистых технологий и образование населения о значимости сохранения окружающей среды. Такой подход

способствует балансу между социально-экономическим развитием и сохранением природных ресурсов, способствуя устойчивому будущему для данной территории и ее жителей.

Устойчивое развитие территорий речных бассейнов играет решающую роль в сохранении и улучшении экологического состояния водных ресурсов и обеспечении благоприятных условий для местных сообществ. В ходе проведения исследования было выделено несколько рекомендаций по устойчивому развитию речных бассейнов. Вот несколько рекомендаций, которые могут способствовать достижению этой цели:

1. Эффективное управление водными ресурсами. Разработка и внедрение эффективной системы управления водными ресурсами является необходимым шагом для устойчивого развития речных бассейнов. Она включает в себя планирование водопользования, борьбу с загрязнением, мониторинг качества воды и продвижение методов устойчивого управления водными ресурсами.

2. Водосбережение. Рациональное использование воды имеет огромное значение для устойчивого развития речных бассейнов. Рекомендуется внедрять водосберегающие меры, такие как современные технологии орошения, методы водосбережения в домашних хозяйствах и на производстве, а также образовательные программы для населения о важности сохранения водных ресурсов.

3. Защита водных экосистем. Сохранение и восстановление водных экосистем являются ключевыми аспектами устойчивого развития речных бассейнов и включают создание охраняемых территорий и природных парков, восстановление прибрежных зон, сохранение водного биоразнообразия и биологической продуктивности. Также важно стремиться минимизировать воздействие антропогенных факторов на водные экосистемы, таких как загрязнение и разрушение естественной среды обитания.

4. Планирование землепользования. Разработка планов землепользования, учитывающих комплексное влияние многих факторов и связанные с водой проблемы речного бассейна, может способствовать устойчивому развитию. Чрезвычайно важным аспектом является зонирование территории речного бассейна по функциональному признаку – для целей сельского хозяйства, лесоводства, городского развития и охраны природы, сведения к минимуму загрязнения и поощрения устойчивых методов землепользования.

5. Адаптация к изменению климата. Изучение последствий изменения климата для речных бассейнов имеет важное значение для устойчивого развития. Разработка стратегий адаптации, учитывающих изменение характера осадков, увеличение частоты экстремальных погодных явлений и изменение доступности воды, может помочь повысить устойчивость в речном бассейне.

Достижение устойчивого развития на территории речных бассейнов требует комплексного подхода и реализации мер, направленных на сохранение и рациональное использование ресурсов в пределах территории речного бассейна, защиту экосистем и ландшафтов. Развитие мер по устойчивому развитию речного бассейна поможет найти баланс между социально-экономическим развитием и охраной природы, обеспечив благоприятные условия для всех заинтересованных сторон.

Выводы по разделу 4

1. Современное антропогенное воздействие в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор сложилось в результате непрерывного исторического процесса освоения территории. Исследуемая территория имеет долгую историю освоения, охватывающую длительный период времени. В течение веков эта территория была под влиянием различных культур и цивилизаций, оставляющих свой отпечаток на природной среде. Территория бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор претерпела значительные изменения в своем историческом развитии и освоении, что оказало существенное воздействие на природные ландшафты. Вплоть до 1917 года это влияние было незначительным в общем, однако в более поздние периоды антропогенное воздействие значительно возросло и стало негативно влиять на устойчивое развитие этой территории. Сейчас территория района исследования имеет развитую сеть населенных пунктов, с несколькими крупными городами – Бахчисараем, Инкерманом. Соседство с двумя крупнейшими городами Крымского полуострова – Симферополем и Севастополем оказывает существенное влияние на социально-экономические особенности исследуемой территории. Природно-ресурсный потенциал района характеризуется наличием значительных запасов нерудных полезных ископаемых, особенно важными являются строительные материалы, из-за чего в исследуемом районе чрезвычайно велика роль добывающей промышленности. Промышленные предприятия, особенно в строительной отрасли, и транспортная инфраструктура являются основными источниками загрязнения бассейнов рек в районе. В тоже время в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор большую роль играет развитие сельского хозяйства, в том числе садоводство и виноградарство. Территория бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор обладает значительным потенциалом в сфере туризма и рекреации, включая лечебную и оздоровительную рекреацию, детский отдых и различные виды туризма. В целом, территория бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор имеет среднюю степень экономической освоенности и не испытывает критической антропогенной нагрузки по сравнению с другими регионами Крымского

полуострова, однако некоторые аспекты, такие как развитие растениеводства и инфраструктурные объекты, вносят изменения в ландшафты.

2. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор рассмотрено природопользование и установлена изменение площадей пахотных угодий и лесов. Показана возможность применения концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования для целей выполнения геоэкологической оценки в пределах речных бассейнов. Для анализа параметров внешней среды в которых существует тот или иной вид природопользования предлагается использовать практическое применение концепции многофакторной экологической ниши, которая рассматривается как набор факторов и условий внешней среды, которые могут быть количественно определены – высота, климатические поля факторов, характеристики почвенного покрова и ряд других факторов и условий (в том числе комплексный многомерный анализ совокупности факторов), которые влияют на развитие вида природопользования и его существование. Работа апробирована на региональном уровне. Территория, включающая в себя бассейны наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) является довольно контрастной – здесь представлены самые различные виды природопользования. В ходе работы выявлены количественные меры перекрытия экологических ниш видов природопользования в пределах бассейнов рассматриваемых рек. Таким образом использование концепции экологической ниши позволяет установить количественные закономерности развития природопользования в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, выявить и количественно оценить конфликты природопользования, наметить оптимальные пути их решения и подготовить рекомендации для органов власти, опираясь на научный подход.

3. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор рассчитаны различные коэффициенты антропогенной преобразованности – коэффициент антропогенной преобразованности, индекс антропогенной нарушенности земель, коэффициент урбанизированности, степень антропогенной преобразованности, коэффициент абсолютной напряженности эколого-хозяйственного баланса, коэффициент относительной напряженности эколого-хозяйственного баланса. На основании кластерного анализа, включающего рассматриваемые коэффициенты для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор выделены территории с высокими, средними и низкими значениями антропогенной преобразованности. В ходе теоретического анализа установлено, что в большинстве работ исследователи не различают понятие о преобразованности ландшафтов от преобразованности территории. По нашему мнению, преобразованность ландшафтов должна изучаться в пределах операционно-территориальной единицы, которая пространственное соответствует границам рассматриваемого ландшафта, а антропогенная преобразованность территории – в пределах

выбранного участка территории. Рассматриваемые бассейны рек по степени преобразованности территории можно расположить с следующий ряд: Западный Булганак – Альма – Кача – Бельбек – Черная по уменьшению значений показателей преобразованности территории бассейна. Проведенный анализ показывает, что наибольшая преобразованность характерна для бассейна реки Западный Булганак, а наименьшая – для бассейна реки Черная. Преобразованности территории в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная увеличивается по направлению течения рек с юго-востока на северо-запад и достигает максимальных значений в нижнем течении. Это связано с тем, что в верхнем течении расположены леса и крупные ООПТ (за исключение бассейна реки Западный Булганак), а в нижнем течении и в бассейне реки Западный Булганак находятся основные населенные пункты, сельскохозяйственные земли, а также с тем что эта территория в силу исторических причин имеет более длительный период активного хозяйственного освоения.

4. Наборы данных о типах наземного покрова (land cover) могут активно применять при исследовании динамики ландшафтов и экосистем различных территорий. В пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор проанализированы различные наборы данных о наземном покрове и их динамике. Установлено, что на рассматриваемой территории в бассейне реки Западный Булганак преобладает сельскохозяйственный тип наземного покрова, в то время как в бассейнах остальных рассматриваемых рек – древесный тип наземного покрова. Анализ временных рядов динамики типов наземного покрова показал что в пределах всех речных бассейнов наблюдается тенденция к увеличению антропогенной нагрузки, которая связана с сокращением «природных» типов наземного покрова (древесный, кустарниковый и пр.) и увеличению созданных человеком типов наземного покрова, особенно селитебного покрова.

5. На основе данных космического спутника Sentinel-5 для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор показано моделирование пространственной дифференциации полей содержания загрязняющих веществ – диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, формальдегида, метана, а также показателя аэрозольного индекса в пределах бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная. В ходе исследования установлено что в большинстве случаев наибольшие концентрации загрязняющих веществ характерны для участков речных бассейнов, в которых располагаются крупные населенные пункты (особенно Бахчисарай, Севастополь, Инкерман) и крупные автомагистрали. Также, в результате переноса воздушных масс, существенное влияние оказывают расположенный рядом с исследуемыми речными бассейнами город Симферополь. Значимость полученных результатов для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор чрезвычайно велика. Это объясняется отсутствием постоянных центров мониторинга за загрязнением атмосферы, в силу большого роста транспорта, промышленности. Дистанционные методы исследования помогают решить эту

задачу. Это может помочь в установлении точек выброса источников загрязнения и проведении мероприятий для снижения их влияния. Полученные результаты могут быть полезны не только для экологов и специалистов по охране окружающей среды, но и для государственных органов управления и промышленных компаний. Это может стать отправной точкой для разработки более эффективных мер для снижения выбросов загрязняющих веществ и улучшения экологической ситуации в данном регионе.

6. Проанализировано пространственное распределение основных загрязняющих веществ в водах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Установлено, что реки северо-западного склона Крымских гор являются сильно загрязненными в нижнем и частично в среднем течении и слабо загрязненными в верхнем течении (за исключением реки Западный Булганак).

7. Водная эрозия отрицательно сказывается на многих аспектах как человеческой жизни, так и на развитие многих экосистем и геосистем. Ежегодное вымывание плодородных слоев почвы, способствует снижению урожайности; загрязнению водоёмов и оросительных каналов; размыванию дорог и коммунальных систем; образованию оврагов, из-за которых невозможно осуществление сельскохозяйственных работ; сокращению, а иногда и полному исчезновению многих видов растений и животных. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор рассчитаны значения индекса мощности линейной эрозии. Установлено, что максимальные значения индекса мощности линейной эрозии наблюдаются в верховьях бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная. При этом наибольшими значениями индекса мощности линейной эрозии характеризуется бассейн реки Бельбек, а наименьшими – бассейн реки Западный Булганак. По модели RUSLE в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор наблюдаются высокие потенциальные потери почвы, что связано в первую очередь с влиянием сложного рельефа в пределах речных бассейнов. Установлено, что наименьшие потенциальные потери почвы характерны для бассейна реки Западный Булганак, так как он имеет наиболее выровненный рельеф, а наибольшие для бассейнов рек Кача и Бельбек, которые характеризуются высоким расчленением рельефа.

8. На основе геоинформационного моделирования оценена вероятность подверженности затоплению и подтоплению на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Наибольшая вероятность подтопления и затопления связана с центральной частью исследуемого района, где наблюдается сложный куэстовый рельеф и развитие ключевых хозяйственных центров, включая город Бахчисарай и трассу Таврида. Распределение подтопления и затопления на территории классифицируется как низкое (36.2%), среднее (34.1%), высокое (19.0%) и очень высокое (10.7%), что подчеркивает гетерогенность вероятности развития подтопления и затопления. Анализ данных для рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная показывает, что наибольшая вероятность характерна для бассейна реки Западный Булганак, в то

время как бассейны рек Бельбек и Черная имеют низкую вероятность проявления подтопления и затопления на большей части своей территории. Полученные данные являются важными и их необходимо учитывать при планировании дорожной инфраструктуры, населенных пунктов и развитии территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор в целом, а также при комплексной оценке геоэкологического состояния бассейнов рек.

9. В бассейнах рек северо-западного склона Крымских гор проведен анализ динамики вегетационного индекса NDVI, который показал, что изменение средних значений NDVI в пределах бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная имеет общую закономерность, в отличие от бассейна реки Западный Булганак, в связи с наличием здесь малого количества лесов и большой площади полей и земельных угодий. Исследование динамики NDVI имеет важное значение при оценке геоэкологического состояния речных бассейнов. Результаты свидетельствуют о положительных трендах изменения вегетационного покрова на большей части исследуемой территории с 2000 по 2022 год. Однако наблюдается отрицательный тренд и снижение зеленой фитомассы в районах, прилегающих к трассе Таврида, а также в некоторых северо-западных участках, связанных с сельскохозяйственной деятельностью. Индекс Херста, рассчитанный на основе NDVI, показывает закономерное изменение NDVI на территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Более высокие значения индекса Херста на юго-востоке, где находятся леса и охраняемые природные территории, указывают на более стабильные тенденции изменения NDVI и то что эта тенденция сохраниться в будущем, в то время как более низкие значения на северо-западе связаны с антропогенным воздействием и сельскохозяйственной деятельностью. На основе индекса Херста составлена карта прогноза устойчивости растительного покрова. Эта карта показывает, что большая часть территории сохранит неопределенные тенденции изменения растительного покрова. Однако области с отрицательным трендом и низким значением индекса Херста более вероятно подвергнутся деградации, особенно в нижнем течении рек и на северо-западе исследуемого района, в то время как устойчивые тенденции будут характерны для участков территории которые находятся под лесными экосистемами и расположены на юго-востоке в пределах территории бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Таким образом, вегетационный индекс NDVI является важным инструментом для мониторинга растительного покрова, а полученные данные могут быть использованы в качестве критерия при оценке геоэкологического состояния речного бассейна.

10. Анализ климатических изменений в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор показывает, что при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария наблюдается устойчивый рост осадков и среднегодовой температуры воздуха, что соответствует глобальным климатическим тенденциям. Особенно выраженные изменения

наблюдаются в последние десятилетия. Эти изменения могут оказать влияние на экологические процессы и требуют внимания при разработке стратегий адаптации к изменяющимся климатическим условиям на данной территории. Отклонение значений температуры воздуха от среднесуточной нормы было использовано в качестве критерия для оценки геоэкологического состояния в бассейнах рек.

11. На основе моделирования в ГИС и разработанной ГИС «Бассейны рек северо-западного склона Крымских гор» проведена оценка геоэкологического состояния территории речных бассейнов. Выделены территории с неудовлетворительным, удовлетворительным, хорошим и оптимальным (нормальным) геоэкологическим состоянием. Установлено, что существуют существенные различия в геоэкологическом состоянии речных бассейнов на исследуемой территории. Наиболее высокие значения показателя оценки наблюдаются в северо-западной части района исследования, в то время как наименьшие значения характерны для южной, восточной и юго-восточной частей. Это различие в значении геоэкологического состояния связано с историческими факторами развития территории и структурой природопользования внутри бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Наилучшие показатели геоэкологической оценки отмечаются на территориях, покрытых лесами и находящихся в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в то время как наихудшие показатели характерны для крупных населенных пунктов и прилегающих к ним территорий, а также для староосвоенных территорий и территорий, занятых сельским хозяйством. Анализ средних значений показателя геоэкологической оценки по речным бассейнам показывает, что бассейн реки Западный Булганак имеет наихудшие показатели среди рассматриваемых бассейнов, а бассейн реки Черная – наилучшие. В целом можно заключить, что бассейны рек Западный Булганак и Альма являются наиболее подверженными негативному воздействию, в то время как бассейны рек Черная и Бельбек оказываются наименее подверженными.

12. Достижение устойчивого развития на территории речных бассейнов требует комплексного подхода и реализации мер, направленных на сохранение и рациональное использование ресурсов речного бассейна, защиту водных экосистем и активное вовлечение общественности. Комплексное решение вопросов поможет найти баланс между социально-экономическим развитием и охраной природы, обеспечив благоприятные условия для всех заинтересованных сторон. Для достижения устойчивого развития бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор была составлена карта бассейнового планирования, отражающая мероприятия, которые необходимо осуществить для будущего устойчивого развития речного бассейна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных теоретическо-методологических, полевых исследований, расчетов и моделирования проведена оценка геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная), что позволяет сформулировать следующие основные выводы:

1. Рассмотрение бассейна реки как геоэкосистемы позволяет применять на практике экологический подход к бассейну в целом и к бассейнам мелких порядков в частности. В связи с этим бассейновый подход можно рассматривать как основу формирования оптимальных операционно-территориальных единиц для исследования различных явлений и процессов, ограниченных естественно-географическими рубежами.

2. На основе данных дистанционного зондирования с использованием геоинформационного моделирования разработана методика оценки геоэкологического состояния речных бассейнов. С использованием методов геоинформационного моделирования и данных дистанционного зондирования усовершенствованы и дополнены частные методики оценки различных критериев, необходимых при проведении геоэкологической оценки речного бассейна – методика выделения бассейнов рек, методика оценки загрязнения воздуха в пределах речного бассейна, методика оценки конфликтов природопользования с использованием концепции экологической ниши, методика оценки антропогенной преобразованности. Составлена интегральная схема методики оценки геоэкологического состояния речного бассейна.

3. Для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор составлена карта природопользования и установлено изменение площадей пахотных угодий и лесов. Показана возможность применения концепции экологической ниши к оценке конфликтов природопользования в пределах речных бассейнов. Наибольшее значение антропогенной преобразованности характерно для северо-западной части бассейнов рек северо-западной исследуемой территории, где в основном развито сельскохозяйственное использование земель, а наименьшее – для восточной и юго-восточной частей исследуемого района, где в основном находятся ООПТ и леса. Анализ позволил выделить в пределах речных бассейнов северо-западного склона Крымских гор низкотрансформированные, среднетрансформированные и высокотрансформированные территории.

4. На рассматриваемой территории в бассейне реки Западный Булганак преобладает сельскохозяйственный тип наземного покрова, в то время как в бассейнах остальных

рассматриваемых рек – древесный тип наземного покрова. Наблюдается тенденция к увеличению антропогенной нагрузки, которая связана с сокращением «природных» типов наземного покрова (древесный, кустарниковый и пр.) и увеличению созданных человеком типов наземного покрова, особенно селитебного покрова.

5. Изучено содержание загрязняющих веществ – диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, формальдегида, метана, а также показателя аэрозольного индекса в пределах бассейнов рек. Наибольшие концентрации отдельных загрязняющих веществ в столбе атмосферного воздуха и значения комплексного индекса загрязнения атмосферы характерны для участков речных бассейнов, в которых располагаются крупные населенные пункты (особенно Бахчисарай, Севастополь, Инкерман) и крупные автомагистрали. Также, в результате переноса воздушных масс, существенное влияние оказывают расположенный рядом с исследуемыми речными бассейнами город Симферополь. Для этих территорий расчетные значения существенно превышают фоновые значения, фиксируемые над ООПТ. Установлено, что бассейны рек являются сильно загрязненными в нижнем и частично в среднем течении и слабо загрязненными в верхнем течении (за исключением реки Западный Булганак).

6. Установлено, что максимальные значения индекса мощности линейной эрозии наблюдаются в верховьях бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная. При этом наибольшими средними значениями индекса мощности линейной эрозии характеризуется бассейн реки Бельбек, а наименьшими – бассейн реки Западный Булганак.

7. Наибольшая вероятность подтопления и затопления выявлена в центральной части исследуемого района, где наблюдается сложный куэстовый рельеф и развитие ключевых хозяйственных центров, включая город Бахчисарай и трассу Таврида. Анализ данных показывает, что наибольшая вероятность характерна для бассейна реки Западный Булганак, в то время как бассейны рек Бельбек и Черная имеют низкую вероятность проявления подтопления и затопления на большей части своей территории.

8. Результаты оценки NDVI свидетельствуют о положительных трендах изменения вегетационного покрова на большей части исследуемой территории с 2000 по 2022 гг. Однако наблюдается отрицательный тренд и снижение зеленой фитомассы в районах, прилегающих к трассе Таврида, а также в некоторых северо-западных участках, связанных с сельскохозяйственной деятельностью.

9. Анализ климатических изменений показывает, что при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария наблюдается устойчивый рост среднегодовых значений осадков и температуры воздуха, что соответствует глобальным климатическим тенденциям. Особенно выраженные изменения наблюдаются в последние десятилетия.

10. Проведена интегральная оценка геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Оптимальные (нормальные) показатели характерны для территорий покрытых лесом и находящихся в пределах ООПТ, а удовлетворительные и неблагоприятные характерны для крупных населенных пунктов и прилегающих к ним территорий, староосвоенных территорий и территорий занятых в сельском хозяйстве.

11. Для достижения устойчивого развития бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор была составлена карта бассейнового планирования, отражающая мероприятия, которые необходимо осуществить для будущего устойчивого развития речного бассейна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Авдеев, Ю.М.* Экологическая оценка зелёных насаждений г. Вологды / Ю.М. Авдеев // Ростовский научный журнал. – 2017. – № 7. – С. 155–168.
2. *Алексашкин, И. В.* Степень преобразованности ландшафтов окрестностей с. Трудолобовка Бахчисарайского района / И. В. Алексашкин, Р. В. Горбунов, А. А. Завалишина // Культура народов Причерноморья. – 2009. – № 162. – С. 7-11. – EDN RHUAVN.
3. *Алиева, А. Х.* Анализ геоэкологической ситуации в речном бассейне реки Амур / А.Х. Алиева // Вестник молодежной науки. – 2017. – № 5(12). – С. 18.
4. *Альшевби, Ф. С.* Трансформация сельскохозяйственных земель равнинного Крыма / Ф. С. Альшевби // Культура народов Причерноморья. – 1997. – № 2. – С. 16–18.
5. *Амеличев, Г. Н.* Гидрологические особенности р. Абдалка (Симферополь) в области питания артезианского бассейна Равнинного Крыма / Г. Н. Амеличев, А. Н. Олиферов, Ф. Н. Новикова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2017. – Т. 3 (69), № 1. – С. 161-176. – EDN YPJNMB.
6. Анализ факторов формирования водных ресурсов р. Салгир в условиях изменяющегося климата / Е. А. Позаченюк, Е. И. Ергина, А. Н. Олиферов [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 118-138. – EDN UMNKRR.
7. Анализ фоновых метеорологических полей в целях геоэкологического изучения территории / Б. И. Кочуров, И. П. Капитальчук, И. Е. Кузнецов [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2021. – Т. 7, № 2. – С. 279-290. – EDN SBPOGA.
8. *Анисимов, В.И.* Морфометрический анализ рельефа / В.И. Анисимов. – Сочи: СГУТиКД, 1999. – 321 с.
9. *Антипов, А. Н.* Географические аспекты гидрологических исследований: На примере речных систем Южно-Минусинской котловины / А. Н. Антипов, Л. М. Коротный // Новосибирское отделение издательства «Наука». – 1981. – 176 с.
10. *Антипов, А. Н.* Географические основы гидрологии и ландшафтного планирования: избранные труды / А. Н. Антипов. – Новосибирск: ГЕО: Сибирское отделение Российской академии наук, 2019. – 335 с.
11. *Антипова, Ю. О.* Морфометрический анализ рельефа с использованием ГИС-технологий при оценке рекреационного потенциала Лагонакского нагорья (Северо-Западный

Кавказ) / Ю. О. Антипцева, Ж. А. Думит // Геоморфология. – 2009. – № 1. – С. 45-50. – EDN JVSUPL.

12. Антропогенная преобразованность геосистем Республики Татарстан и современная биоэкологическая ситуация (на примере авифауны) : монография / Р. А. Уленгов, И. И. Рахимов ; Р. А. Уленгов, И. И. Рахимов ; Татарский гос. гуманитарно-педагогический ун-т. – Казань : Новое знание, 2009. – 180 с.

13. Антропогенная преобразованность и природный потенциал ландшафтов Апанасенковского района / Д. С. Водопьянова, Е. А. Скрипчинская, М. В. Нефедова, П. А. Диденко // Наука. Инновации. Технологии. – 2018. – № 1. – С. 103-116. – EDN XQZDFD.

14. *Аполлов, Б. А.* Учение о реках / Б. А. Аполлов // Москва: Изд-во Моск. ун-та., 1963. – 423 с.

15. *Артемьева, Т. А.* Конфликты в природопользовании на территории кластера "Быстринский" природного парка «Вулканы Камчатки» / Т. А. Артемьева, Т. Н. Ефимова, М. А. Сытина // Огарёв-Online. – 2016. – № 24(89). – С. 3. – EDN XIPYQN.

16. *Атаев, З. В.* Применение морфометрического анализа рельефа для выделения горно-равнинных ландшафтов-экотонов (на примере Северо-Восточного Кавказа) / З. В. Атаев, В. В. Братков // Юг России: экология, развитие. – 2012. – Т. 7, № 2. – С. 87-93. – EDN PLRCBN.

17. *Атаев, З. В.* Современные проблемы сохранения биологического и ландшафтного разнообразия северокавказского экологического региона / З. В. Атаев, В. В. Братков // Юг России: экология, развитие. – С. 2009. – Т. 4, № 4. – С. 186-192. EDN LALIAT.

18. Атлас пещер России / гл. ред. А.Л. Шелепин; чл. редкол.: Б.А. Вахрушев, А.А. Гунько, А.С. Гусев, А.И. Прохоренко, Г.В. Самохин, А.Г. Филиппов, Е.А. Цурихин. – М.: Русское географическое общество, Российский союз спелеологов 2019. – 768 с.

19. Атлас составляющих теплового и водного баланса Украины [Карты] / ред. А. Р. Константинов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. –1 атл. (170 с.).

20. Атлас социокультурных процессов в Крыму [Карты] / под ред. Воронина И. Н., Яковенко И. М., Швеца А. Б., Вольхина Д. А. – Симферополь : КФУ им. В. И. Вернадского, 2020. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://atlas-crimea.ru>, свободный. Загл. с экрана.

21. *Ахметжанова, З. Х.* О перспективных подходах в развитии методологии экологических оценок ландшафтов / З. Х. Ахметжанова, Д. М. Бурлибаева, А. М. Рыскельдиева // Степи Северной Евразии : материалы девятого международного симпозиума, Оренбург, 07–11 июня 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 83-88.

22. *Багрова, Л. А.* География Крыма / Л. А. Багрова, В. А. Боков, Н. В. Багров. – К.: Либідь, 2001. – 304 с.

23. *Банчева, А. И.* Геоэкологическая оценка о. Хоккайдо / А. И. Банчева, Н. Н. Алексеева // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2017. № 3. – С. 34-41. EDN YSZLRJ.
24. *Бармин, А. Н.* Опыт картографирования конфликтов природопользования на примере Астраханской области / А. Н. Бармин, Н. С. Шуваев, Е. А. Колчин // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17, № 4(49). – С. 120-130. – EDN OMRMSV.
25. *Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области / Ф. Н. Лисецкий, А. В. Дегтярь, А. Г. Нарожняя [и др.].* – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "КОНСТАНТА", 2013. – 88 с.
26. *Бастраков, Г. В.* Эрозионная устойчивость рельефа и противоэрозионная защита земель / Г. В. Бастраков. – Брянск: Изд-во БГПИ, 1993. – 260 с.
27. *Беленко, В. В.* Разработка методики создания картографической базы данных ГИС для геоэкологической оценки застраиваемых территорий : специальность 25.00.33 "Картография" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Беленко Виктор Владимирович. – Москва, 2012. – 24 с. – EDN QIAPUZ.
28. *Белов, Н. С.* Геоэкологическая ситуация в речных бассейнах Калининградской области / Н. С. Белов // Природообустройство. – 2011. – № 3. – С. 67-73. – EDN OFXGXN..
29. *Берг, Л. С.* Предмет и задачи географии / Л. С. Берг // Вопросы Известия РГО. 1915. – Том XL. – Выпуск IX. – 471 с.
30. *Березкин, В. Ю.* Исследование и картографирование качества ресурса геологического пространства в районе бассейна р. Бодрак (Горный Крым) / В. Ю. Березкин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2005. – № 1. – С. 50-56. EDN JWPVFN.
31. *Биче-Оол, Т. Н.* Территориальная дифференциация антропогенной преобразованности Республики Тыва / Т. Н. Биче-Оол // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2021. – Т. 31, № 1. – С. 46-56. – DOI 10.35634/2412-9518-2021-31-1-46-56. – EDN VVJLTQ.
32. *Бобра, Т. В.* Мониторинг и анализ загрязнения атмосферного воздуха территории г. Симферополя / Т. В. Бобра, А. А. Свербилова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 156-167. EDN KMWKXD.
33. *Бобра, Т. В.* Пространственный анализ и моделирование полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере г. Симферополь / Т. В. Бобра, А. И. Лычак // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 104-120. EDN JWDTBI.

34. *Бобра, Т. В.* Сборник научных статей и эссе на тему организации геопространства, геоэктонов и экотонизации (2004-2006 гг.) / Т. В. Бобра // Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2007. – 160 с. – EDN RHQFTU.
35. *Боков, В. А.* О методике оценки экологических ситуаций. Заповедники - 2019: биологическое и ландшафтное разнообразие, охрана и управление: Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, Симферополь, 09–11 октября 2019 года / В. А. Боков, С. А. Карпенко, О. Б. Яковлева // Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – С. 150-154. EDN DNEXCM.
36. *Боков, В. А.* Отображение многообразия субъект-объектных отношений в экологическом картографировании: множественность оценок территории и ответственность составителей / В. А. Боков, И. Г. Черванев // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 3-13. – EDN UNXKZD.
37. *Боков, В. А.* Оценка экологических опасностей и рисков / В. А. Боков, Л. А. Багрова., А. С. Тихонов, В. О. Смирнов. – Симферополь: Доля, 2012. – 143 с.
38. Большой толковый словарь русского языка / Сост. С.А. Кузнецов. – СПб.: Норинт, 1998. – 1534 с.
39. *Бузин, В. А.* Наводнения на реках России при современных тенденциях в изменении климата / В. А. Бузин, З. Д. Копалиани // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2007. – № 5. – С. 43-54. – EDN NCCZTN.
40. *Буковский, М. Е.* геоэкологическая оценка состояния реки Вороны в среднем течении / М. Е. Буковский, Н. Н. Коломейцева, И. С. Решетов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 1. – С. 440-444. – EDN PWMIJD.
41. *Бутырская, И. Б.* Оценка санитарного состояния атмосферного воздуха Республики Крым / И. Б. Бутырская, С. Е. Ерокин, А. А. Ерокина // Colloquium-Journal. – 2019. – № 11-2(35). – С. 17-19. – EDN ZTTAIP.
42. *Вавер, О. Ю.* Анализ социальных конфликтов природопользования в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре / О. Ю. Вавер // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11-3. – С. 533-537. – EDN PUKOJV.
43. *Василенко, В. А.* Водные ресурсы - сдерживающий фактор социально-экономического развития Крыма / В. А. Василенко // Регион: Экономика и Социология. – 2019. – № 4(104). – С. 245-267. – DOI 10.15372/REG20190411. – EDN IGANQQ.
44. *Вегетационные индексы [Электронный ресурс].* – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/vi.html>

45. *Власова, А. Н.* Бассейновый подход к управлению природопользованием в Крыму / А. Н. Власова // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2-3. – С. 250-253. – EDN UZFTTB.
46. *Власова, А. Н.* Методические подходы к ландшафтному планированию бассейна р. Салгир / А. Н. Власова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 2(194). – С. 84-91.
47. *Власова, А. Н.* Оценка экологического состояния ландшафтов бассейна реки Салгир / А. Н. Власова // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 1. – С. 66-71. – EDN SWSDVN.
48. *Волков, Н. М.* Принципы и методы картометрии/ Н. М. Волков. – Москва Ленинград: Изд-во и 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1950. – 328 с.
49. *Волкова, Н. Е.* Использование бассейнового подхода в Республике Крым: ограничения и возможности / Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2022. – № 2. – С. 34-46. – DOI 10.17308/geo.2022.2/9309. – EDN IMNJOQ.
50. *Волчек, А. А.* Оценка антропогенной преобразованности водосборов малой реки (на примере реки Лесной) / А. А. Волчек, И. В. Окоронко // Земля Беларуси. – 2021. – № 1. – С. 51-59. – EDN VDNPDD.
51. *Вострикова, М. А.* Основные виды загрязнений водных объектов / М. А. Вострикова, В.В. Шкода // Инновационная наука. – 2016. – № 4-5. – С. 10-11. EDN VSTZUV.
52. ГБУ РК «Крымская ГГМЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kggme.ru/?hlngdjecbimohdba>
53. *Гвоздецкий, Н.А.* О функционировании ландшафтных типологических и региональных физико-географических единиц в связи с применением системного подхода к его изучению / Н. А. Гвоздецкий, Ш. М. Панахов // Новые методы физико-геогр. исследований. Материалы научных заседаний секции геогр. МОИП. – М., 1980. – С. 9-10
54. Географический энциклопедический словарь : Понятия и термины / Гл. ред. А. Ф. Трешников. – М. : Сов. энцикл., 1988. – 431 с.
55. География овражной эрозии / Под редакцией Е.Ф. Зориной. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 324 с
56. География. Понятия и термины = Geography. Concepts and Terms : пятиязычный академический словарь : русский, английский, французский, испанский, немецкий / В. М. Котляков, А. И. Комарова ; Российская акад. наук. – Москва : Наука, 2007. – 859 с.
57. Геологическая карта Горного Крыма. Масштаб 1:200000 // Гл.ред. Деренюк Н. Е., 1984. – 1 лист.

58. Геологический словарь [Текст] : В 2 т. / Гл. ред.: акад. К. Н. Паффенгольц (отв. ред.) и др. - [2-е изд., перераб.]. – Москва : Недра, 1973. - 2 т.; 27 см. Т. 1: А-М / Ред. коллегия: Т. Н. Алихова [и др.]. 1973. – 486 с.
59. Геоэкологическая оценка качества поверхностных вод бассейна реки Чардым Саратовской области / А. Н. Чумаченко, В. А. Гусев, В. А. Данилов, В. З. Макаров, В. А. Затонский, Н. В. Пичугина, А.В. Федоров, П. А. Шлапак // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2016. – Т. 16. №. 2. – С. 93-97.
60. Геоэкологическое районирование территории Архангельской области с использованием цифровых моделей рельефа и ГИС-технологий / А. Л. Минеев, Ю. Г. Кутинов, З. Б. Чистова, Е. В. Полякова // Пространство и Время. – 2017. – № 2-4(28-30). – С. 267-288. – EDN UPSKKJ
61. Геоэкология: Научно-методическая книга по экологии / В. А. Боков, А. В. Ена, В. Г. Ена, А. В. Ивашов, М. В. Кузнецов, Р. А. Никифоров, Е. А. Позаченюк, А. Н. Тетиор. – Симферополь: Таврия, 1996. – 384 с.
62. Герасимов, А. П. Использование ландшафтного подхода при планировании экологических каркасов регионов / А. П. Герасимов // Географический вестник. – 2006. – № 1(3). – С. 14-17. – EDN OPVKOZ.
63. Глотов, А. А. Применение данных о рельефе для эффективного использования сельскохозяйственных земель / А. А. Глотов // Геопрофи: научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации. – 2013. – № 4. – С. 20-22. – EDN RBWEFF.
64. Голосов В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: Геос, 2006. 296 с.
65. Голосов, В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин / В. Н. Голосов ; В. Н. Голосов ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Географический фак., Российский фонд фундаментальных исслед.. – Москва : ГЕОС, 2006. – ISBN 5-89118-376-8. – EDN QKHBCN.
66. Горбунов, Р. В. Применение космических снимков Landsat-8 для мониторинга ландшафтов в пределах Бахчисарайского района Республики Крым (на примере расчета значений вегетационного индекса NDVI и температуры поверхности (LST)) / Р. В. Горбунов, В. А. Табунщик, Я. О. Андрончик // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 11. – С. 43-50.
67. Горбунов, Р. В. Функционирование и динамика региональных геоэкосистем в условиях изменения климата (на примере Крымского полуострова) / Р. В. Горбунов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2022. – 191 с. – ISBN 978-5-907533-64-6. – EDN OKARIG.

68. *Григорьев, В. Ю.* Водный баланс речных бассейнов Европейской части России : специальность 25.00.27 "Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Григорьев Вадим Юрьевич. – Москва, 2018. – 27 с. – EDN ZETHNW
69. *Гришанков, Г. Е.* Типы антропогенных ландшафтов Крыма и некоторые закономерности их развития / Г. Е. Гришанков // *Динамика природы и проблемы освоения территории Крыма*. Л.: Геогр. о-во СССР. – 1974. – С. 9-11.
70. *Гродзинский, М. Д.* Геосистемы западной части равнинного Крыма, их динамика и устойчивость к оросительным мелиорациям: Автореф. дисс. канд. ...географ, наук: 11.00.01 / Гродзинский Михаил Дмитриевич. – К., 1983. – 20 с.
71. *Гудзон, Н.* Охрана почв и борьба с эрозией / Н. Гудзон. – М. : Колос, 1974. – 304 с.
72. *Демек, Я.* Теория систем и изучение ландшафта / Я. Демек. – Москва : Прогресс, 1977. – 223 с.
73. Динамика температуры воздуха в основных типах региональных экосистем горного Крыма / Р. В. Горбунов, В. А. Табунщик, Т. Ю. Горбунова, М. С. Сафонова // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. – 2021. – Т. 29, № 1. – С. 39-54. – DOI 10.22363/2313-2310-2021-29-1-39-54. – EDN SBDIZI.
74. *Дмитриев, В. В.* Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. Часть IV. Интегральная оценка экологического благополучия наземных и водных геосистем / В. В. Дмитриев, И. В. Федорова, А. С. Бирюкова // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География*. – 2016. – № 2. – С. 37-53. – DOI 10.21638/11701/spbu07.2016.204. – EDN WIRGKL.
75. *Дмитриев, Д. В.* Толковый словарь русского языка / Д.В. Дмитриев. – М.: Астрель, 2003. – 782 с.
76. *Добрынин, Б. Ф.* Ландшафты Горного Крыма / Б. Ф. Добрынин // *Землеведение*. – 1928. – № 1 (5). – Выпуск 1. – С. 25–41.
77. *Добрынин, Б.Ф.* Физическая география СССР. Европейская часть и Кавказ / Б. Ф. Добрынин. – Москва: Учпедгиз, 1948. – 324 с.
78. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2021 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpPrPviN_1.pdf
79. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2020 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://meco.rk.gov.ru/structure/2b487c83-93d6-48dd-a4af-b55d4274b741>

80. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2019 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpCCpsTg_1.pdf
81. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2018 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php2g3lnJ_php4qjkz8_2.pdf
82. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2017 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://meco.rk.gov.ru/uploads/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php6HH4hp_1.pdf
83. *Долженкова, В. В.* Перспективы применение ГИС технологий FLOODMAP для прогнозирования риска затопления на водных объектах Воронежской области / В. В. Долженкова, А. В. Звягинцева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 6. – С. 70-81. – EDN VMFMTZ.
84. *Донцов, А. А.* Специализированная геоинформационная система автоматизированного мониторинга рек и водоемов / А. А. Донцов, И. А. Суторихин // Вычислительные технологии. – 2017. – Т. 22, № 5. – С. 39-46. – EDN ZSMHPR.
85. *Драган, Н. А.* Мониторинг и охрана почв / Н.А. Драган. – Симферополь: ТНУ, 2008. – 172 с.
86. *Драган, Н. А.* Оценка трансформации сельскохозяйственных земель равнинного Крыма / Н. А. Драган, Ф. С. Альшевби // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия География. – 1998. – № 6 (45). – С. 6-10.
87. *Драган, Н. А.* Почвенные ресурсы Крыма / Н. А. Драган. – Симферополь: Доля, 2004. – 208 с.
88. *Драган, Н. А.* Почвы / Н.А. Драган // Автономна Республіка Крим: атлас / ТНУ ім. В.І. Вернадського, Крим. наук.центр НАН України і М-ва освіти і науки України, Ін-т географії НАН України, Ін-т перед. технологій ; ред. М.В. Багров [та ін.]. — К. ; Симферополь: [б. в.], 2003. — 76 с.: карти, фото цв., порт.
89. *Дрововозова, Т. И.* Геоэкологическая оценка подземных вод Ростовской области / Т. И. Дрововозова, Д. В. Тесаловская, Г. С. Дрововозова // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3(50). – С. 112. – EDN YRQOAH.
90. *Дроздов, А.В.* Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. / А.В. Дроздов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 239 с.

91. *Дрыгваль, А. В.* Морфометрический анализ бассейна реки Шелен (Южный берег Крыма) / А. В. Дрыгваль // Геология и водные ресурсы Крыма. Полевые практики в системе высшего образования : Материалы Шестой Всероссийской конференции: Посвящается 70-летию Крымской учебной практики по геологическому картированию Ленинградского - Санкт-Петербургского государственного университета: 90-летию профессора Владимира Анатольевича Прозоровского, Республика Крым, 29 августа – 08 2022 года / Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, ООО "Водный центр СПбГУ", МОО "Крымская Академия наук". – Республика Крым: ООО "Издательство "ЛЕМА", 2022. – С. 43-45. – EDN EIURZJ.
92. *Дулова, К. А.* Оценка степени антропогенной преобразованности Соль - Илецкого городского округа / К. А. Дулова // Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки : сборник статей Международной научно-практической конференции, Оренбург, 28 декабря 2019 года. Том Часть 3. – Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2019. – С. 230-235. – EDN ULMPAN.
93. *Дунаева, Е.А.* Типизация бассейнов рек Крыма по агроландшафтам и экологической нагрузке на них / Е. А. Дунаева, П.И. Коваленко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2013. – №. 4 (12). – С. 157-167.
94. *Дьяконов, К. Н.* Географические законы и их физическая сущность / К. Н. Дьяконов // Вопросы географии. – 1981. – № 117. – С. 28-40. – EDN GXLKOG.
95. *Евгеньева, А. П.* Словарь русского языка: в 4-х т.: Том 2. К-О / А.П. Евгеньева. – М.: Рус. яз., Полиграфресурсы, 1999. – 736 с.
96. *Егоренков, Л. И.* Геоэкология / Л. И. Егоренков, Б.И. Кочуров. – Москва : Финансы и статистика, 2005. – 320 с.
97. *Ена, В.Г.* Преобразование ландшафтов Крыма за годы советской власти / В.Г. Ена, Н.М. Ена // Природные и трудовые ресурсы Левобер. Украины и их использование. Материалы III-ей Межвед. научи, конф., т. 10. Физическая география. – М.: Недра, 1971. – С. 179-184.
98. *Ена, В.Г.* Физико-географическое районирование Крымского полуострова / В.Г. Ена // Вестник Московского университета, сер. географ. – 1960. – № 2. – С. 33-43.
99. *Ергина Е.И.* Методико-технологические аспекты моделирования допустимых норм эрозии как основного критерия почвозащитных систем земледелия в Крыму / Е. И. Ергина, С.Д. Кошлатый // Культура народов Причерноморья. – 2006. – № 73. – С. 148–151.
100. *Ергина, Е. И.* Почвы бассейна реки Ангара / Е. И. Ергина, З. В. Тимченко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 87-95. – EDN YIDMGB.

101. *Ергина, Е. И.* Преобразованность ландшафтов Керченского полуострова как ограничивающий фактор выделения почв эталонов / Е. И. Ергина, А. Ю. Шадрина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68). – № 3. – С. 203-211.
102. *Ергина, Е. И.* Современное почвенно-экологическое состояние Крымского полуострова / Е. И. Ергина, Г. Е. Тронза // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 195-202. – EDN YIDMPH.
103. *Ерицян, Г.Г.* Сравнение цифровых моделей рельефа, полученных с топографических карт масштаба 1:50 000, 1:100 000 и 1:200 000 с ЦМР SRTM / Г.Г. Ерицян // Известия НАН РА, Науки о Земле. – 2013. – Т. 66, № 1. – С. 39–47.
104. *Ермолаев, О. П.* Автоматизированное построение границ бассейновых геосистем для Приволжского федерального округа / О. П. Ермолаев, К. А. Мальцев, М. А. Иванов // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 32-39. – EDN SKCRNJ.
105. *Ермолаев, О. П.* Пояса эрозии в природно-антропогенных ландшафтах речных бассейнов / О. П. Ермолаев. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 1992. – 148 с. – ISBN 5-7464-0830-1. – EDN SKMCHF.
106. *Ермолаев, О.П.* Эрозия в бассейновых геосистемах / О.П. Ермолаев. – Казань: УНИПРЕСС, 2002. – 264 с.
107. *Жердев В. Н.* Бассейновый подход к организации рекреационного природопользования в регионах / В. Н. Жердев, Т. В. Зязина // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2004. – Т. 40. – №. 5. – С. 190-194.
108. *Завальнюк И.В.* Экологический аудит территорий (на примере равнинного Крыма) : Дис... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Херсонский гос. ун-т. – Херсон, 2004. – 251 с.
109. *Завальнюк, И.В.* Методика оценки геоэкологического состояния ландшафтов (на примере равнинного Крыма) / И.В. Завальнюк // Культура народов Причерноморья. – 1999. – № 6. – С. 339-340.
110. *Занозин, В. В.* Исследования степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов / В. В. Занозин, А. Н. Бармин, М. В. Валов // Геология, география и глобальная энергия. – 2019а. – № 4(75). – С. 168-183.
111. *Занозин, В. В.* Применение ГИС и данных ДЗЗ для оценки антропогенного преобразования территории / В. В. Занозин, А. Н. Бармин, М. В. Валов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2019б. – № 2(14). – С. 74-84. – DOI 10.25587/SVUFU.2019.14.35449.

112. *Занозин, В. В.* Структура и современное антропогенное преобразование центрального района ландшафта дельты реки Волга : специальность 25.00.23 "Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Занозин Виктор Валерьевич, 2021. – 22 с.
113. *Зарубин, О. А.* Технологический процесс проектирования карт Land cover на базе многозональных космических снимков / О.А. Зарубин // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 9(65). – С. 325–328.
114. *Заславский, М.Н.* Эрозиоведение / Н.М. Заславский. – М.: Высшая школа, 1983. – 320 с.
115. *Звонков, В.В.* Водная и ветровая эрозия земли / В.В. Звонков. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 174 с.
116. *Зеленская, Е. Я.* Геоэкологическая оценка почв в основных районах виноградарства Крымского полуострова / Е. Я. Зеленская, О. А. Маринина // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45, № 2. – С. 258-268. – DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-2-258-268. – EDN KLUYLN.
117. *Земцов, В. А.* Современные подходы управления водными ресурсами на Западе и в России / В. А. Земцов // Вестник Томского государственного университета. – 2001. – № 274. – С. 85-94. – EDN OXHSCF.
118. *Зорин, Л.В.* Зонированные бассейны - основа природно-ресурсного районирования Л.В. Зорин // История развития речных -долин и проблемы мелиорации земель. Европейская часть СССР. – Новосибирск, Наука, 1979. – С. 19-25.
119. *Иваненко, Т. А.* Особенности инженерно-экологических мероприятий в русле реки Альма / Т. А. Иваненко, Е.С. Комиссаренко // Экономика строительства и природопользования. – 2021. – № 4(81). – С. 72-79. – EDN YIGIUQ.
120. *Иванкова, Т. В.* Оценка степени антропогенной нагрузки в бассейне малой реки Альмы / Т.В. Иванкова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – №. 12. – С. 4-12.
121. *Иванкова, Т.В.* Обеспечение экологической безопасности природно-технических систем бассейнов малых рек в условиях Крымского полуострова / Т.В. Иванкова. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 171 с.
122. *Иванов, В.Н.* Почвы Крыма и повышение их плодородия / В.Н. Иванов. - Симферополь: Крым, 1958. – 147 с.
123. *Иванченко, А. М.* Геоэкологическая оценка современного состояния Ростовской области : специальность 16.21.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Иванченко Анастасия Михайловна, 2022. – 176 с. – EDN XPVKWF.

124. Изменение рельефа территории Украины на рубеже тысячелетий / Палиенко В. П., Барщевский Н. Е., Спица Р. А., Жилкин С. В. // Труды Международной электронной конференции. – Тбилиси-Москва. 2006. – С. 41-51.
125. Изменение температуры воздуха в Крыму / Р. В. Горбунов, Т. Ю. Горбунова, А. В. Дрыгваль, В. А. Табунщик // Социально-экологические технологии. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 370-383. – DOI 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383. – EDN OKBGVC.
126. *Ильина, И. В.* Мониторинг функционирования муниципальных районов региона / И. В. Ильина, О. В. Сидоренко // Вестник сельского развития и социальной политики. - 2016. - №. 2 (10). - С. 37-39.
127. *Исаченко, А. Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – М.: Высшая школа, 1991. – 366 с.
128. *Исаченко, А. Г.* Экологический потенциал ландшафта / А.Г. Исаченко // Известия ВГО. – 1991. - Вып. 4. - С. 305–316.
129. *Исмагилова, Р.С.* Геоэкологическая оценка загрязнения поверхностных вод Республики Башкортостан / Р.С. Исмагилова, Н.Г. Курамшина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2021. - № 5-2(56). - С. 19-23.
130. Источники загрязнения прибрежных вод Севастопольского района / В. М. Грузинов, Н. Н. Дьяков, И. В. Мезенцева [и др.] // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 4. – С. 579-590. – DOI 10.31857/S0030-1574594579-590. – EDN VEOVBB.
131. Кадастр карстовых полостей Крыма: прошлое, настоящее, будущее / Г. Н. Амеличев, А. Б. Климчук, С. В. Токарев, Э. И. Меметова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 345-351. – EDN VQDVXZ.
132. *Какшина, Т. С.* Геоэкологическая оценка города Пензы / Т. С. Какшина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № S2. – С. 17-19. – EDN NCUISD.
133. *Калинчук, И. В.* Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов равнинного Крыма / И. В. Калинчук, В. А. Михайлов, Е. А. Позаченюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 25(246). – С. 156-168. – EDN VHIXUA.
134. *Каменских, Л.Н.* Флора и растительность хребта Агармыш (Крым) / Л.Н. Каменских // Бюллетень Главного ботанического сада. - 2011. - № 195. - С. 91–128.
135. *Карионов, Ю.И.* Оценка точности матрицы высот SRTM / Ю.И. Карионов // Геопрофи. – 2010. - № 1. - С. 48–51.
136. *Карпенко, Н. П.* Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков / Н. П. Карпенко //

Природообустройство. – 2018. – № 2. – С. 15-22. – DOI 10.26897/1997-6011/2018-2-15-22. – EDN XNSHWH.

137. *Карпенко, С. А.* Геоинформационное картирование территориальных конфликтов природопользования приморских территорий Украины / С. А. Карпенко, С. Е. Лагодина // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 58-66. – EDN EQMEBV.

138. *Карсабаева, Г.Б.* Оценка устойчивого развития, основанная на модельном подходе / Г.Б. Карсабаева // Математика, физика, химия, информатика. Вестник ВКГТУ. – 2005. - № 3. - С. 108-112.

139. Картирование заброшенных земель в Восточной Европе с помощью спутниковых снимков Landsat и Google Earth Engine / В. Лупачик, А. Прищепов, П. Потапов, М. Пукинская, А. Ярошенко, И. Журавлева // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии: докл. VII Всероссийской конф. с международным участием, посвященной памяти выдающегося ученого-лесоведа, академика РАН А. С. Исаева. Москва, 22–24 апр. 2019. – М.: ЦЭПЛ РАН. – 2019. – С. 35–37.

140. Картографическая модель бассейновых геосистем малых рек водосбора реки Лены / О. П. Ермолаев, К. А. Мальцев, С. С. Мухарамова [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – Т. 160, № 1. – С. 126-144. – EDN XUGKPR.

141. *Каширина, Е. С.* Оценка состояния приземного атмосферного воздуха в юго-западном Крыму по данным лишеноиндикации / Е. С. Каширина, А. А. Медведков, А. А. Новиков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 8. – С. 126-138. – DOI 10.18799/24131830/2022/8/3229. – EDN EKWADQ.

142. *Каюкова, Е. П.* Использование гидрохимических данных для оценки элементов водного баланса (на примере бассейна Р. Бодрак, юго-западный Крым) / Е. П. Каюкова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2016. – № 4. – С. 25-36. – DOI 10.21638/11701/spbu07.2016.403. – EDN YFPUEB.

143. Каюкова, Е. П. Формирование изотопного состава природных вод горного Крыма под влиянием естественных процессов / Е. П. Каюкова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. – 2016. – № 2. – С. 11-26. – DOI 10.21638/11701/spbu07.2016.202. – EDN WIRGJR.

144. *Килоев, Д. Д.* Ландшафтно-рекреационная оценка горных территорий Чеченской республики на основе бассейнового подхода : специальность 25.00.23 "Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Килоев Денилбек Денисултанович. – Грозный, 2016. – 22 с. – EDN ZQHANT.

145. *Кириллов, С. Н.* Комплексная геоэкологическая оценка территории города Волгограда / С. Н. Кириллов, Ю. С. Половинкина // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2011. – № 1(18). – С. 239-245. – EDN NWGBCP.
146. *Кирюхин, В.Д.* Противозероэрозийная организация территории / В.Д. Кирюхин. – М.: Колос, 1973. – 160 с.
147. *Клепинин, Н.Н.* Почвы Крыма / Н.Н. Клепинин. – Симферополь: Гос. изд-во Крымской АССР, 1935. – 118 с.
148. *Климанова, О. А.* Геоэкологическое страноведение: формирование мезомасштабных геоэкологических систем : специальность 16.21.00 : диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук / Климанова Оксана Александровна, 2022. – 302 с. – EDN JGWEAR.
149. Климатический атлас Крыма : Прил. к науч.-практ. дискус.-аналит. сб. "Вопросы развития Крыма" / Авт.-сост. И.П. Ведь. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2000. – 119 с.
150. *Клименко, Д. Е.* Речной сток и гидрологические расчеты (практикум по курсу) : практикум по курсу / Д.Е. Клименко. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. – 142 с. – EDN QZWRUM.
151. *Климова, А. С.* Изменение гидрохимических свойств рапы озер Евпаторийской группы в XX веке - начале XXI века / А. С. Климова, Р. В. Горбунов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4 (70), № 3. – С. 107-140.
152. *Клюкин, А. А.* Экзогеодинамика Крыма / А.А. Клюкин. – Симферополь : Таврия, 2007. – 320 с. – EDN QKGZCF.
153. *Козин, В. В.* Ландшафтно-экологическая среда Западной Сибири / В.В. Козин. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2007. – 139 с.
154. *Кононова, Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Н.К. Кононова. – М.: Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
155. *Константинов, И.С.* Защита почв от эрозии при интенсивном земледелии / И.С. Константинов. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 240 с.
156. Конфликты в сфере природопользования на территории Астраханской области и их картографическое отображение / Н. С. Шуваев, А. Н. Бармин, М. М. Иолин [и др.] // Геодезия и картография. – 2011. – № 7. – С. 43-49. – EDN SMGQMP.
157. Конфликты природопользования: типизация и анализ на современном этапе / Н. С. Шуваев, А. Н. Бармин, Е. А. Колчин, Е. А. Минеев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – Т. 42, № 3. – С. 446-458. – DOI 10.18413/2075-4671-2018-42-3-446-458. – EDN YOBUGD..

158. *Копылов, И. С.* Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий / И. С. Копылов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – С. 285.
159. *Корытный, Л. М.* Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Корытный. – Иркутск : Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, 2001. – 163 с. – EDN TYLLVD.
160. *Корытный, Л. М.* Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 5-16. – DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(5-16). – EDN YSKUWF.
161. *Корытный, Л. М.* Административно-территориальное деление России: бассейновый вариант / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 29-37.
162. *Корытный, Л. М.* Бассейновый подход в географии / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. – 1991. – № 1. – С. 161-166.
163. *Кочуров, Б.И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б.И. Кочуров. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.
164. *Кочуров, Б.И.* Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района / Б.И. Кочуров, Ю. Г. Иванов // География и природные ресурсы. – 1987. – № 4. – С. 49-54.
165. *Кочуров, Б.И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б.И. Кочуров. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 362 с.
166. *Краснокутский, А. В.* Анализ рисков возникновения чрезвычайных ситуаций в паводкоопасный период на территории Г. Севастополя / А. В. Краснокутский, Д. О. Иванова // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности : материалы I Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28 марта 2018 года / Петровская академия наук и искусств. – Санкт-Петербург: Петровская академия наук и искусств, 2018. – С. 23-25. – EDN XNKOUR.
167. *Красноярова, Б. А.* Антропогенная преобразованность территории Обь-Иртышского бассейна: некоторые результаты оценки / Б. А. Красноярова, С. Н. Шарабарина, Е. О. Гармс // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2017. – № 1(44). – С. 15-20.
168. *Красовская, Т.М.* Методика создания карт конфликтов природопользования для севера Европейской части России / Т.М. Красовская, О.И. Котова, М.А. Горелова // Интеркарто-9: ГИС для устойчивого развития территорий. – Севастополь-Новороссийск, 2003. – С. 386-390.

169. *Кривогуз, Д. О.* Роль гидрологических процессов в процессах оползнеобразования Керченского полуострова / Д. О. Кривогуз // Современные проблемы и перспективные направления инновационного развития науки : сборник статей международной научно-практической конференции: в 8 частях, Екатеринбург, 15 декабря 2016 года. – Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2016. – С. 207-210.
170. Критические экологические районы: географические подходы и принципы изучения / Н. Ф. Глазовский, Н. И. Коронкевич, Б. И. Кочуров [и др.] // Известия Всесоюзного географического общества. – 1991. – Т. 123, № 1. – С. 9-17. – EDN VQQSUX.
171. *Кузнецов, М.С.* История и методология эрозиоведения в СССР / М.С. Кузнецов, С.И. Перлин. – Пушино: [б.и.], 1988. – 23 с.
172. *Кузнецов, М.С.* Противоэрозионная стойкость почв / М.С. Кузнецов. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.
173. *Кузнецов, М.С.* Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, Колос, 2004. – 352 с.
174. *Кузнецов, С.А.* Большой толковый словарь русского языка / С.А. Кузнецов. – СПб.: Норинт, 1998. – 1534 с.
175. *Кузьменко, Я. В.* Применение бассейновой концепции природопользования для почвоводоохранного обустройства агроландшафтов / Я. В. Кузьменко, Ф. Н. Лисецкий, А. Г. Нарожня // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 1-9. – С. 2432-2435. – EDN PXAGGJ.
176. *Куракина, Н. И.* Геоинформационная система моделирования гидрологических процессов подтопления территории / Н. И. Куракина, В. С. Ковчик // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2020. – № 5. – С. 66-73. – EDN YNOHIY.
177. *Курепина, Н. Ю.* Геоинформационно-картографический анализ разновременных мониторинговых данных затопления и подтопления территорий / Н.Ю. Курепина, И. Д. Рыбкина // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2021. – Т. 36. – С. 45-62.
178. *Курлович, Д. М.* Морфометрический ГИС-анализ рельефа Беларуси / Д. М. Курлович // Земля Беларуси. – 2013. – № 4. – С. 42-48. – EDN WCBUNV.
179. *Кутикова, Е. В.* Анализ растительного покрова юго-западной части Крымских гор на локальном уровне с использованием вегетационных индексов / Е. В. Кутикова, В. А. Михайлов // Научные основы устойчивого управления лесами : Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию ЦЭПЛ РАН, Москва, 25–29 апреля 2022 года. – Москва: Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 2022. – С. 178-180. – EDN KYNVRL.

180. Ландшафтное планирование: инструменты и опыт применения / ред.-сост. А. Н. Антипов. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН ; Bonn : Federal agency for nature conservation, 2005. – 165 с.
181. Ландшафтно-экологический анализ территорий муниципальных образований / В. Б. Михно, В. Н. Бевз, А. С. Горбунов, О. П. Быковская // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2014. – № 3. – С. 40-48.
182. Ландшафтоведение. Словарь терминов: Учебное пособие для студентов географического и геологического факультетов / Автор-сост. Н.В. Пичугина; под ред. В.З. Макарова. – Саратов: ИЦ «Наука», 2010. – 104 с.
183. *Ларионов, Г.А.* Эрозия и дефляция почв / Г.А. Ларионов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.
184. *Ласточкин, А.Н.* Системно-морфологическое основание наук о Земле (Геотопология, структурная география и общая теория геосистем) / А.Н. Ласточкин. – СПб. : НИИХ СПбГУ, 2002. – 762 с.
185. *Лисецкий, Ф.Н.* Современные проблемы эрозиоведения / Ф.Н. Лисецкий, А.А. Светличный, С.Г. Черный. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.
186. *Литвин, Л.Ф.* География эрозии почв сельскохозяйственных земель России / Л.Ф. Литвин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 255 с.
187. *Лучшева, А. А.* Практическая гидрология / А.А. Лучшева. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1959. – 468 с.
188. *Лучшева, А. А.* Практическая гидрометрия / А.А. Лучшева. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 423 с.
189. *Лысова, В. Ф.* Сравнительный анализ вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа бассейна Малой Визинги / В. Ф. Лысова // Вестник Коми государственного педагогического института. – 2012. – № 10. – С. 117-124. – EDN PLFKKX.
190. *Лычак А. И.* Анализ и оценка геоэкологических ситуаций в Крыму / А.И. Лычак // Культура народов Причерноморья. — 1999. — № 6. — С. 383-386.
191. *Лычак А. И.* Некоторые аспекты разработки методики оценки геоэкологических ситуаций в Крыму на ландшафтной основе / А.И. Лычак // Культура народов Причерноморья. — 1998. — № 5. — С. 398-399.
192. *Лычак А.И.* Географические основы оценки экологических ситуаций (на примере Крыма): Дис... канд. геогр. наук: 11.00.11 / Таврический национальный ун-т им. В.И.Вернадского. - Симф., 2002. - 229 л.

193. *Лычак, А. И.* Геоэкологическая ситуация и проблема формирования экологической сети в Крыму / А. И. Лычак, Т. В. Бобра // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2009. – Т. 5, № 1. – С. 63-69. – EDN VJWVXD.
194. *Лычак, А. И.* Использование ГИС-технологий при оценке геоэкологических ситуаций / А. И. Лычак // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2002. – Т. 15 (54). – № 1. – С. 130-140. – EDN BWRVJL.
195. *Лычак, А. И.* Новые подходы к геоэкологическому анализу и прогнозу антропогенной трансформации ландшафтов Крыма / А. И. Лычак, Т. В. Бобра // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64). – № 1. – С. 146-154. – EDN UNXKLR.
196. *Лычак, А. И.* Подходы и принципы оценки геоэкологических ситуаций в Крыму / А.И. Лычак // Культура народов Причерноморья. — 1998. — № 3. — С. 355-356.
197. *Люлько, О. М.* Особенности ликвидации медико-санитарных последствий паводка 17-18 июня 2021 года в Республике Крым / О. М. Люлько, В. И. Золотарева // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2023. – № 2. – С. 56-62. – EDN VZKSYX.
198. *Мабиала, Ж.* Эколого-экономические проблемы территориальной политики развития Республики Крым / Ж. Мабиала, В. С. Гниздыло // ЦИТИСЭ. – 2020. – № 3(25). – С. 38-52. – DOI 10.15350/2409-7616.2020.3.04. – EDN UZJSVU.
199. *Маккавеев, Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне / Н.И. Маккавеев. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 346 с.
200. *Максутова Н.К.* Ландшафтный мониторинг охраняемых природных территорий / Максупова Н.К., Скупинова Е.А. – Вологда: Полиграфист, 2003. – 116 с.
201. *Мальшев, Т. Р.* Техногенное загрязнение атмосферного воздуха Крыма / Т. Р. Мальшев, Е. В. Ясенева // Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами : Материалы III научно-практической молодежной конференции, Севастополь, 28–30 сентября 2016 года / Под редакцией С.И. Рубцовой, Н.В. Ляминой. – Севастополь: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Институт природно-технических систем”, 2016. – С. 169-172. – EDN WZIVQR.
202. *Марцинкевич Г.И.* Ландшафтоведение / Г.И. Марцинкевич, И.И. Счастливая – Мн.: БГУ, 2013. – 252 с.
203. *Махинов, А. Н.* Наводнение в бассейне Амура 2013 года: причины и последствия / А. Н. Махинов, В. И. Ким, Б. А. Воронов // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2014. – № 2(174). – С. 5-14. – EDN THYDON.

204. *Медведева, М. С.* Анализ негативного влияния загрязнения воздушного бассейна Республики Крым на увеличение заболеваний бронхолегочной патологии в данном регионе / М. С. Медведева, С. В. Иванов // *Modern Science*. – 2020. – № 5-3. – С. 454-459. – EDN IABEEV.
205. *Межова, Л. А.* Методологические подходы к изучению конфликтов природопользования в России / Л. А. Межова, З. Р. Сагова, А. М. Луговской // *Вестник Международной академии наук (Русская секция)*. – 2018. – № 1. – С. 33-37. – EDN OUZLYF.
206. Мел и палеоген бассейна реки Бодрак (Юго-Западный Крым) // Шишлов С. Б., К. А. Дубкова, В. В. Аркадьев [и др.]. – Санкт-Петербург: ООО "Издательство "ЛЕМА", 2020. – 271 с.
207. *Меметова, Р. Ш.* Процессы антропогенизации ландшафтов предгорья Крымских гор / Р.Ш. Меметова // *Ученый XXI века*. 2015. № 9-10(10-11). С. 23-31.
208. Методология и методика оценки экологических ситуаций / [В. А. Боков, А. И. Лычак, И. Г. Черванев и др.]; Под ред. В. А. Бокова [и др.]; Таврич. нац. ун-т им. В. И. Вернадского [и др.]. - Симферополь : Таврия-плюс, 2000. - 99 с.
209. *Мехбалиев, М. М.* Прикладное морфометрическое исследование глубины расчленения склонов горных геоморфосистем Большого Кавказа (в пределах Азербайджана) / М. М. Мехбалиев // *Академический журнал Западной Сибири*. – 2015. – Т. 11, № 3(58). – С. 79-82. – EDN ULVMCD.
210. *Мечников, Л.И.* Цивилизация и великие исторические реки: Геогр. теория развития современных обществ / Л.И. Мечников; Пер. с фр. М.Д. Гродецкого. - Санкт-Петербург : ред. журн. "Жизнь", 1898. - [6], VIII, [2], 176 с.
211. *Миллер, М. Е.* Бассейн реки Салгира и его хозяйственное использование / М.Е. Миллер // *Известия Крымского отдела Географического общества Союза ССР*. – 1958. – №5. – С. 163 – 196.
212. *Мильков, Ф.Н.* Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования / Ф.Н. Мильков // *География и природные ресурсы*. - 1981. - № 4. - С. 11-18.
213. *Мильков, Ф.Н.* Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы / Ф.Н. Мильков. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. - 400 с.
214. *Мильков, Ф.Н.* Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. - Воронеж: Изд. ВГУ, 1986. - 328 с.
215. *Мильков, Ф.Н.* Терминологический словарь по физической географии: Справ. пособие / Мильков, Ф.Н., Бережной А.В., Михно В.Б. – М.: Высш. шк., 1993. – 288 с.
216. *Минхайдаров В.Ю.* Основы природопользования / В.Ю. Минхайдаров. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2019. – 93 с.

217. *Минц, А. А.* Функция места и ее изменение / А. А. Минц, В. С. Преображенский // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. – 1970. – № 6. – С. 118-131. – EDN XUCGOL..

218. *Миньковская, Р. Я.* Проблемы природопользования в устьях рек Севастопольского региона и пути их решения / Миньковская Р. Я., Иванов В. А. // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения : Сборник научных трудов, Нижний Новгород, 08–14 сентября 2019 года. Нижний Новгород: Студия Ф1, 2019. С. 204-209. EDN PLABSX.

219. *Михайлов, В. А.* Картографическая модель зональных ландшафтов Крымского полуострова / В. А. Михайлов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – № 2(21). – С. 164-168. – EDN VIGEGJ.

220. *Михайлов, В. А.* Комплексный морфометрический анализ Тарханкутского полуострова с помощью ГИС // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2-4(46). С. 5-13. EDN TPFFEB.

221. *Михайлов, В. А.* Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов с помощью ГИС (на примере Крымского Присивашья) / В. А. Михайлов // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 10 (18). – С. 16.

222. Многолетняя динамика содержания хлорорганических соединений и ртути в донных осадках Чернореченского водохранилища / Л. В. Малахова, В. Н. Егоров, С. Б. Гулин [и др.] // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, № 4. – С. 417-423. – DOI 10.31857/S0321-0596464417-423. – EDN IBTVCF.

223. Мониторинг опасных береговых процессов Цимлянского водохранилища с использованием ГИС-технологий / Г. И. Скрипка, О. В. Ивлиева, Л. А. Беспалова [и др.] // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 253-263. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-2-26-253-263. – EDN CHZFXS.

224. Морфологическая структура географического ландшафта [Текст] / Мок. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Геогр. фак. Лаборатория ландшафтоведения; Г. Н. Анненская, А. А. Видина, В. К. Жучкова и др. ; Под ред. Н. А. Солнцева. – Москва : [б. и.], 1962. – 54 с.

225. *Московкина, Г. А.* Экологическая ситуация в России / Г. А. Московкина // Молодежь и XXI век - 2015 : материалы V Международной молодежной научной конференции: в 3-х томах, Курск, 26–27 февраля 2015 года / Ответственный редактор: Горохов А.А.. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2015. – С. 359-361. – EDN TPRTTR.

226. *Мунтян, А. Н.* Изучение влияния горизонтальной и вертикальной расчлененности территории и уклонов местности на эрозионную опасность Приднестровья / А.Н. Мунтян // Вестник Приднестровского университета. Серия: Медико-биологические и химические науки. 2015. № 2(50). С. 134-138. EDN XQXCPZ.

227. *Муратов, М.В.* Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова / М.В. Муратов. – Москва : Госгеолтехиздат, 1960. – 207 с.
228. *Нагорнова, Н. Н.* Геоэкологическая оценка состояния малых водотоков Калининградской области : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Нагорнова Надежда Николаевна. – Калининград, 2012. – 21 с. – EDN QHWHJX.
229. *Напрасников А. Т.* Гидролого-климатические системы: геоэкологический анализ / А.Т. Напрасников ; Отв. ред. д.г.н. Б.М. Ишмуратов, д.г.н. Л.М. Корытный Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Ин-т географии. - Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2003. - 142,[1] с
230. *Нарожняя, А. Г.* Бассейновое природопользование при охране окружающей среды / А. Г. Нарожняя, Я. В. Кузьменко // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 2. – С. 109-112. – EDN PAQOLD.
231. *Нарожняя, А. Г.* Морфометрический анализ рельефа бассейнов рек Крыма с использованием ГИС / А. Г. Нарожняя // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27. – № 2. – С. 218-232. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-218-232.
232. *Нефедова, М. В.* Анализ антропогенной преобразованности ландшафтов Андроповского района Ставропольского края / М. В. Нефедова, А. С. Куленко // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 70-2. – С. 125-130. – DOI 10.18411/lj-02-2021-69.
233. *Никифоров, А. Р.* Биоморфологические особенности облигатных гляцеофитов Горного Крыма / А.Р. Никифоров // Ботанический журнал. – 2018. – Т. 103, № 8. – С. 968-980. EDN XYOUYX.
234. *Николаева, Н. А.* Оценка антропогенного изменения ландшафтов Западной Якутии / Н. А. Николаева // Экология урбанизированных территорий. – 2014. – № 4. – С. 92-95.
235. О связи фенологического развития растительности таежной зоны с величиной NDVI, определенной по спутниковым данным / М. А. Медведева, В. В. Елсаков, И. Ю. Савин, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7, № 1. – С. 319-329. – EDN NCYAAP.
236. Общая характеристика и анализ экологических систем основных притоков реки Черной / Е. А. Замятина, Л. А. Ничкова, Г. А. Сигора, Т. Ю. Хоменко // Экономика строительства и природопользования. – 2022. – № 4(85). – С. 82-89. – EDN GQZVXL.
237. *Одум, Ю.* Экология. Том 1 / Ю. Одум. – Москва: Мир, 1986. – 328 с.
238. *Ожегов С. И.* Толковый словарь русского языка: 80000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – Москва: А ТЕМП, 2006. – 938 с.
239. *Ожегова, Л. А.* Возможности рекреационного природопользования на реке Салгир в черте города Симферополя / Л. А. Ожегова, К. Ю. Сикач, И. Б. Сидорчук // Ученые записки

Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4 (70), № 2. – С. 144-151. – EDN YMRDOX.

240. *Олиферов, А. Н.* Научное направление "Селеведение" в ТНУ / А. Н. Олиферов // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2009. – Т. 5. – № 1. – С. 35-43. – EDN VJWVVZ.

241. *Олиферов, А.Н.* Реки и озера / А. Н. Олиферов, Б. М. Гольдин. - Симферополь : Крым, 1964. - 62 с.

242. *Олиферов, А.Н.* Реки и озера Крыма/ А.Н. Олиферов, З.В. Тимченко. – Симферополь: Доля, 2005. – 216 с.

243. *Оньков, И. В.* Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения / И.В. Оньков // Геоматика. 2011. № 3. С. 40-46. EDN STYTOF.

244. *Орехова, Г. А.* Природное разнообразие родников верховий бассейнов рек Северский Донец и Ворскла / Г. А. Орехова, Л. Л. Новых // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 18(267). – С. 131-139. – EDN ZHEVHP.

245. *Орлянкин, В. Н.* Использование матриц высот SRTM в предварительных расчетах и картографировании глубин потенциального паводкового затопления речных пойм / В. Н. Орлянкин, А. Р. Алешина // Исследование Земли из космоса. – 2019. – № 5. – С. 72-81. – DOI 10.31857/S0205-96142019572-81. – EDN FXCHOJ.

246. *Осипов, А. Г.* Теория и практика интегральной оценки пригодности земель природных ландшафтов для аграрного и рекреационного освоения : специальность 25.00.26 "Землеустройство, кадастр и мониторинг земель" : диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук / Осипов Алексей Георгиевич, 2017. – 230 с. – EDN WRCBEI.

247. *Охременко, И. В.* Ландшафтное обоснование геоэкологических оценок (на примере равнинного Крыма) / И. В. Охременко // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2008. – Т. 21 (60), № 3. – С. 238-247. – EDN XEDRMZ.

248. Оценка антропогенной преобразованности природных комплексов речных бассейнов (на примере бассейна реки Каменка Алтайского края) / Ю. В. Козырева, Г. И. Ненашева, А. К. Волкова [и др.] // Мониторинг. Наука и технологии. – 2019. – № 1(39). – С. 28-35. – DOI 10.25714/MNT.2019.39.004. – EDN EPFDQR

249. Оценка антропогенной преобразованности природных комплексов речных бассейнов (на примере бассейна реки Каменка Алтайского края) / Ю. В. Козырева, Г. И. Ненашева, А. К. Волкова [и др.] // Мониторинг. Наука и технологии. – 2019. – № 1(39). – С. 28-35. – DOI 10.25714/MNT.2019.39.004. – EDN EPFDQR.

250. Оценка состояния деревьев и показателей почвенного плодородия в кедровых рощах Вологодской области / С. М. Хамитова, Ю. М. Авдеев, А. Е. Костин, В. С. Снетилова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 12(135). – С. 190-194. – EDN YNHJCB.

251. Оценка требований экологических систем основных притоков реки Черной к ограничению антропогенной нагрузки в их бассейнах 2023 <https://ovos.ecom.su/handle/123456789/279>

252. *Ошкадер, А. В.* Оценка эколого-хозяйственного баланса Республики Крым / А. В. Ошкадер, А. В. Степанова // Эколого-географические проблемы регионов России : материалы VII всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 105-летию со дня рождения исследователя Самарской Луки, к.г.н. Г.В.Обедиентовой, Самара, 15 января 2016 года / отв. ред. И.В.Казанцев. – Самара: Поволжская государственная социально-гуманитарная академия, 2016. – С. 250-254. – EDN VLOCJR.

253. *Павлов, А. Ф.* Экологическая оценка состояния реки Тирис Абдулинского района, Оренбургской области / А. Ф. Павлов // Научные открытия 2017 : Материалы XXII Международной научно-практической конференции, Москва, 07 июня 2017 года. – Москва: Научный центр "Олимп", 2017. – С. 85-86. – EDN ZFEIGB.

254. *Павлов, И. Н.* Сравнительный анализ русловых процессов рек различной водоносности в горно-предгорно-равнинных регионах и их антропогенные изменения (на примере рек Крыма и Алтая) : специальность 11.00.07 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Павлов Иван Николаевич. – Москва, 1996. – 29 с. – EDN ZJVUIB.

255. *Павлов, И.Н.* Реки Крыма: типы русел и их экологическое состояние / И.Н. Павлов // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. – 1994. – № 3. – С. 76-82.

256. *Панкеева, Т. В.* Донные природные комплексы бухты Круглой (Черное море, г. Севастополь) / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова, А. В. Пархоменко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2019. – Т. 5, № 2. – С. 89-100. – EDN PFYOFE.

257. *Панков, С. В.* Бассейновый подход в исследованиях сельских селитебных систем / С. В. Панков // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2010. – Т. 15, № 2. – С. 624-627. – EDN MSOGVX..

258. *Паромов, В. В.* Условия формирования половодья большой водности и прогноз наводнения на реке Абакан / В. В. Паромов, К. А. Шумилова, И. Н. Гордеев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 11. – С. 57-67. – EDN XRGXRN.

259. *Пащенко В. М.* Теоретические проблемы ландшафтоведения / В.М. Пащенко. – К.: Наукова думка, 1993. – 280 с.
260. *Пенно, М. В.* Оценка современного природопользования прибрежной зоны Крыма / М. В. Пенно, В. А. Михайлов // Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. – 2016. – № 2(9). – С. 53-56. – EDN YJBXTH.
261. *Пенно, М. В.* Современное состояние прибрежно-морского природопользования в районе Феодосийского залива / М. В. Пенно, А. А. Панченко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2014. – № 29. – С. 80-85. – EDN UXWYRN.
262. *Пенюгалов, А.В.* Климат Крыма: Опыт климатического районирования / А.В. Пенюгалов. – [Симферополь] : Крым. гос. изд-во., 1930 (1-я гос-типолит. "Крымполиграфтреста"). – 178 с.
263. *Петлюкова, Е. А.* Структура землепользования и антропогенная преобразованность ландшафтов Центрального Предгорья Главной гряды Крымских гор / Е. А. Петлюкова // Ландшафтознавство: стан, проблеми, перспективи : Матеріали міжнародної наукової конференції присвяченої 70-річчю заснування кафедри фізичної географії, 60-річчю діяльності Львівської школи ландшафтознавства, 110-річчю з дня народження професора К. І. Геренчука і 80-річчю з дня народження професора Г. П. Міллера, Львів, 24–27 сентября 2014 года. – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2014. – С. 165-167. – EDN ZFTOXD.
264. *Пириев, Р.Х.* Методы морфометрического анализа рельефа (на примере территории Азербайджана) / Р.Х. Пириев. – Баку: Элм, 1983. – 119 с.
265. Поверхностные водные объекты Крыма / Под ред. Тимченко З.В.; Сост.: Лисовский А.А. и др. Симферополь: Рескомводхоз, 2004. 113 с.
266. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник [Текст] / Сост.: Лисовский А.А., Новик В.А., Тимченко З.В., Губская У.А. - Симферополь: КРП "Издательство "Крымучпедгиз", 2011. - 242 с.
267. Повышение эффективности системы мониторинга атмосферного воздуха в городе Севастополе / Г. А. Сигора, С. А. Гутник, Е. И. Азаренко [и др.] // Системы контроля окружающей среды. – 2021. – № 1(43). – С. 118-128. – DOI 10.33075/2220-5861-2021-1-118-128. – EDN IQGUCI.
268. *Погорелов, А. В.* Рельеф бассейна р. Кубани : Морфологический анализ / А. В. Погорелов, Ж. А. Думит ; Кубанский государственный университет. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство ГЕОС", 2009. – 206 с. – ISBN 978-5-89118-491-6. – EDN QKIZFP.

269. *Позаченюк, Е. А.* Вклад Григория Евдокимовича Гришанкова в развитие отечественной ландшафтной науки / Е. А. Позаченюк // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2008. – Т. 21 (60), № 2. – С. 19-25. – EDN ХСJNKR.

270. *Позаченюк, Е. А.* Геоэкологическая экспертиза административных территорий (Большой Севастополь) / Е. А. Позаченюк, Т. В. Панкеева. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2008. – 296 с. – ISBN 978-966-648-204-7. – EDN WBQATB.

271. *Позаченюк, Е. А.* ГИС-анализ морфометрических показателей рельефа центрального предгорья главной гряды крымских гор для целей ландшафтного планирования / Е. А. Позаченюк, Е. А. Петлюкова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 96-113. – EDN YIDMGL.

272. *Позаченюк, Е. А.* Ландшафтная организация бассейна реки Салгир : Монография / Е. А. Позаченюк, А. Н. Власова. – Симферополь : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2022. – 278 с. – ISBN 978-5-907587-35-9. – EDN KKZISA.

273. *Позаченюк, Е. А.* Ландшафтно-гидрологический подход к изучению речных ландшафтов Алуштинского амфитеатра / Е. А. Позаченюк, З. В. Тимченко, Е. В. Кутикова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 70-82. – EDN ZXDQVZ.

274. *Позаченюк, Е. А.* Ландшафтное планирование территории Джанкойского района Республики Крым / Е. А. Позаченюк, В. А. Табунщик // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 139-162. – EDN UMNKSB.

275. *Позаченюк, Е. А.* Ландшафтное разнообразие Крыма // Е.А. Позаченюк // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 4. – С. 37-50.

276. *Позаченюк, Е. А.* Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов Центрального предгорья главной гряды крымских гор / Е. А. Позаченюк, Е. А. Петлюкова // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность : Материалы II Международной научно-практической конференции, Волгоград, 13–15 мая 2015 года / Волгоградский государственный университет; Ответственный редактор С. Н. Канищев. – Волгоград: Волгоградский государственный университет, 2015. – С. 317-323. – EDN VBOUHV.

277. *Позаченюк, Е. А.* Плотность ландшафтных границ на территории Крымского полуострова / Е. А. Позаченюк, В. А. Табунщик // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2017. – Т. 3 (13), № 3. – С. 36-47. – EDN VUJUMP.

278. *Позаченюк, Е. А.* Понятие "современный ландшафт" и организация природопользования (на примере водоохранных зон) / Е. А. Позаченюк, Е. А. Петлюкова, В. А. Табунщик // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2013. – Т. 26 (65), № 3. – С. 299-309. – EDN UMNKBD.
279. *Позаченюк, Е. А.* Современные ландшафты бассейна реки Ускут / Е. А. Позаченюк, З. В. Тимченко // Экономика строительства и природопользования. – 2017. – № 2(63). – С. 39-49. – EDN YMTYЕК.
280. *Позаченюк, Е. А.* Современные ландшафты бассейна реки Лименки / Е. А. Позаченюк, З. В. Тимченко // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2008. – Т. 21 (60), № 3. – С. 285-298. – EDN XEDRPH.
281. *Позаченюк, Е. А.* Экологическая экспертиза: Природно-хозяйственные системы / Е.А. Позаченюк. – Симферополь : Таврический экологический институт, 2003. – 473 с.
282. *Позаченюк, Е. А.* Экологические ниши почв Крымского полуострова и Красная книга почв Крымского полуострова / Е. А. Позаченюк, В. А. Табунщик // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 3. – С. 59-77. – EDN VSMBNT.
283. *Позаченюк, Е.А.* Методика составления карты ядер экологической конфликтности (на примере бассейна реки Черной) / Е.А. Позаченюк, Н.И. Ващенко // Національне картографування : стан, проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. праць / М-во екології та природ. ресурсів України, Держ. служба геодезії, картографії та кадастру ; [Редкол. : Руденко Л. Г. (голова) та ін.]. - Київ: Держ. служба геодезії, картографії та кадастру, 2003. - 330 с. С. 177-182.
284. *Позаченюк, Е.А.* Современные ландшафты р. Авунда / Е.А. Позаченюк, З.В. Тимченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. География. – 2007. – Т. 20 (59), № 2. – С. 270-283.
285. *Половицкий, И. Я.* Почвы Крыма и повышение их плодородия: справочное издание / И. Я. Половицкий, П. Г. Гусев. – Симферополь: Таврия, 1987. – 152 с.
286. Почвенная карта Листы почвенной карты УССР 1964
287. *Преображенский, В.С.* Основы ландшафтного анализа / В.С. Преображенский, Т.Д. Александрова, Т.П. Куприянова. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
288. Причины геоэкологических конфликтов природопользования в международных речных бассейнах и пути их урегулирования / З. М. Сагова, Л. А. Межова, В. В. Кульнев, А. М. Луговской // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2018. – Т. 12, № 3. – С. 114-121. – DOI 10.31161/1995-0675-2018-12-3-114-121. – EDN GMDNYK.

289. *Пьянков, С. В.* Геоинформационное обеспечение моделирования гидрологических процессов и явлений / С. В. Пьянков, А. Н. Шихов. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2017. – 148 с.
290. *Пьянков, С. В.* Научно-методологические основы создания региональной гидрологической ГИС (на примере бассейна Воткинского водохранилища) : специальность 25.00.35 "Геоинформатика" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пьянков Сергей Васильевич. – Пермь, 2006. – 127 с. – EDN NOCODN.
291. *Райзберг, Б. А.* Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 478 с.
292. *Реймерс, Н.Ф.* Природопользование / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
293. Реки и водные объекты Белогорья / Ф. Н. Лисецкий, А. В. Дегтярь, Ж. А. Буряк [и др.]. – Белгород: Общество с ограниченной ответственностью "КОНСТАНТА", 2015. – 362 с. – ISBN 978-5-9786-0413-9. – EDN VTQNNR.
294. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6: Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым Ленинград: Гидрометеоздат, 1966. 344 с.
295. *Ретеюм, А.Ю.* Земные миры: [О целостном изуч. геосистем] / А.Ю. Ретеюм. – М.: Мысль, 1988. – 266,[2] с.
296. *Родионов, С. С.* Геоэкологическая оценка устойчивости природного комплекса территории малых городов Ногинского района Московской области : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Родионов Станислав Сергеевич. – Москва, 2014. – 22 с. – EDN ZPMLZV.
297. *Рулев, А.С.* Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации / А.С. Рулев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.
298. *Рябовол, И. В.* Антропогенная преобразованность ландшафтов Гулькевичского района и её оценка / И. В. Рябовол, А. А. Мищенко // Региональные географические исследования : Сборник научных трудов / Под общей редакцией А.В. Погорелова. Том Выпуск 13. – Краснодар : Кубанский государственный университет, 2020. – С. 293-297. – EDN ESBZZZ.
299. *Рязанова, Н. Е.* Эколого-географическая характеристика приустьевого участка р. Западный Булганак (п-ов Крым) для возможностей разработки и реализации национальных показателей Цели в области устойчивого развития (ЦУР) 6 "Чистая вода и санитария" / Н. Е. Рязанова, А. И. Никифоров // Проблемы региональной экологии. – 2018. – № 5. – С. 88-96. – DOI 10.24411/1728-323X-2019-15088. – EDN VOHMSW.
300. *Савич-Шемет, О. Г.* Оценка антропогенной преобразованности водосборов малых рек г. Минска / О. Г. Савич-Шемет, Н. М. Томина, Ю. П. Анцух // Природопользование. – 2010. – № 18. – С. 74-80. – EDN GIYMLI.

301. *Самойлова, А. В.* Статистическое исследование экологической ситуации в сибирском федеральном округе / А. В. Самойлова // Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения : сборник трудов Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Кемерово, 21–22 декабря 2016 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2016. – С. 112. – EDN YFZPFP.

302. *Самофалова, И. А.* Геосистемно-бассейновый подход как основа изучения структуры почвенного покрова / И. А. Самофалова, П. С. Шутов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1(147). – С. 49-57. – EDN XSHIML.

303. *Самсонов, Т.Е.* Основы геоинформатики: практикум / Т.Е. Самсонов. – М.: Географический факультет МГУ, 2022. – DOI: 10.5281/zenodo.1167857

304. *Сахнова, Н. С.* Геоморфологический фактор в развитии городов Крыма / Н. С. Сахнова, Д. В. Войтеховский // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2014. – Т. 27 (66), № 3. – С. 13-20. – EDN VSMBJX.

305. Сезонные и суточные закономерности содержания и потоков метана в эстуарии реки Черной (Крым) / Т. В. Малахова, А. А. Будников, И. Н. Иванова, А. И. Мурашова // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2022. – № 6. – С. 27-39. – DOI 10.55959/MSU0579-9414-5-2022-6-27-39. – EDN CRMAZN.

306. *Скрипчинская, Е. А.* Антропогенная преобразованность ландшафтов Красногвардейского района Ставропольского края / Е. А. Скрипчинская, Д. С. Водопьянова, М. В. Нефедова // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции, Владикавказ, 12–14 мая 2020 года. Том Часть I. – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2021. – С. 116-119. – EDN UEQYOC.

307. *Словарь русского языка [Текст]: в 4 т. / Акад. наук СССР, Ин-т рус. яз. ; [гл. ред. А. П. Евгеньева ; выполн. Л. П. Алекторовой и др.]. - Изд. 3-е, стер. - Москва : Русский язык, 1985-1988. Т. 4: С - Я. Т. 4. 1988. 795, [1] с.*

308. *Словарь-справочник по физической географии [Текст] : Пособие для преподавателей географии / А. С. Барков, действ. чл. Акад. пед. наук РСФСР. - 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Учпедгиз, 1948 (тип. Т-3). 304 с.*

309. *Смирнова, Л. Г.* Типизация водосборных бассейнов Белгородской области по морфометрическим характеристикам рельефа для оценки эрозионной опасности на региональном уровне / Л. Г. Смирнова, А. Г. Нарожняя, А. А. Кожушков // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 12. – С. 66-69. – EDN VHFCUT.

310. *Снакин, В.* Экология и охрана природы / В.Снакин. – М. : Academia, 2000. – 384 с.
311. *Соболева Н.П.* Ландшафтоведение / Н.П. Соболева, Е.Г. Язиков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 175 с..
312. *Солнцев, Н. А.* Учение о ландшафте: Избранные труды / Н.А. Солнцев. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 383 с.
313. Состояние загрязнения атмосферного воздуха в Крыму и последствия его влияния на здоровье населения / С. В. Иванов, Л. И. Сейтумерова, Л. У. Софу, А. В. Яцив // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Серия: Биологические науки. - 2018. - № 1-2. - С. 9-15. - EDN YMCVJJ.
314. Социально-экономический паспорт Бахчисарайского муниципального района (по состоянию на 01.01.2023). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://simfmo.rk.gov.ru/ru/document/show/28007> а
315. Социально-экономический паспорт Симферопольского муниципального района (по состоянию на 01.01.2023). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://simfmo.rk.gov.ru/ru/document/show/28007> б
316. Социокультурная трансформация регионального развития Крыма / под общ. ред. И. Н. Воронина, А. Б. Швец. Электрон. дан. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2022. Электрон. версия. Паспорт Симферопольского района
317. *Соцкова, Л. М.* Конфликты природопользования в пределах зон санитарной охраны водных объектов Крыма / Л. М. Соцкова, Е. А. Позаченюк, В. О. Смирнов // Фізична географія та геоморфологія. – 2013. – № 3(71). – С. 282-291. – EDN ZLRUSS.
318. *Соцкова, Л. М.* Конфликты природопользования и проблемы сохранения грязей озера Джарылгач / Л. М. Соцкова, И. В. Окара // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 232-240. – EDN YIDMQV.
319. *Спиридонов, А.И.* Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картирования / А.И. Спиридонов. – М.: Высшая школа, 1970. – 456 с.
320. Сравнительная оценка хлорорганического загрязнения донных отложений разнотипных водных объектов Севастопольского региона (Крым) / Л. В. Малахова, В. В. Лобко, Т. В. Малахова, А. И. Мурашова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2022. – Т. 30, № 2. – С. 174-185. – DOI 10.15372/ChUR2022371. – EDN JHJBTV.
321. Статистический ежегодник города Севастополя. 2020: Стат.сб. / Крымстат-Севастополь, 2021. - 319 с.

322. Статистический ежегодник города Севастополя. 2021: Стат.сб. / Крымстат-Севастополь, 2022. - 296 с.

323. *Сторчоус, В. Н.* Экологические проблемы в водохозяйственном комплексе республики Крым и их решения / В. Н. Сторчоус, Н. А. Васильчук // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2017 : Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием, Севастополь, 11–15 сентября 2017 года / Под редакцией Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2017. – С. 1291-1294. – EDN YNKPTG.

324. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>

325. *Супрычев, А. В.* Крымоведение. Социальный и экономико-географический обзор Крыма / А. В. Супрычев, А. Б. Швец. – Симферополь. Наша школа. 2017. 128 с.

326. *Суханова, М.П.* Кластеризация малых речных бассейнов по структуре земельного фонда для оценки их геоэкологического состояния / М.П. Суханова // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы V междунар. науч. конф., Белгород, 28-31 окт. 2013 г. / РФФИ, НИУ БелГУ. - Москва ; Белгород, 2013. - С. 162-165.

327. Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), включая нормативы допустимого воздействия на водные объекты (НДВ) бассейна реки черная в границах города Севастополя 2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://sev.gov.ru/files/iblock/d08/SKIOVO_NDV_Chernaya.pdf

328. Схема комплексного использования и охраны водных объектов Республики Крым, включая нормативы допустимого воздействия на водные объекты и целевые показатели качества воды в водных объектах, расположенных на территории Республики Крым [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gidro-ved.ru/ru/news?id=47>

329. *Сысоева, П. С.* Оценка геоэкологической ситуации в бассейне реки Днепр / П.С. Сысоева // Вестник молодежной науки. - 2017. - № 1(8). - С. 14.

330. *Табунщик, В. А.* Анализ абсолютных высот рельефа в пределах ландшафтов Крымского полуострова / В. А. Табунщик, А. А. Келип, Я. О. Андрончик // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского - Природного заповедника РАН. – 2021. – № 4(20). – С. 54-66. – DOI 10.21072/eco.2021.20.07. – EDN VLBAKR..

331. *Табунщик, В. А.* Глубина расчленения рельефа на территории Крымского полуострова / В. А. Табунщик // ИнтерКарто. ИнтерГИС. - 2020. - Т. 26, № 2. - С. 95-105. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-2-26-95-105>. EDN FZKGVR.

332. *Табунщик, В. А.* Густота расчленения рельефа на территории Крымского полуострова / В. А. Табунщик, Е. А. Петлюкова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2019. – № 1(201). – С. 95-100. – EDN ZXQIIX.
333. *Табунщик, В. А.* Динамика типов наземного покрова (land cover) в пределах бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор / В. А. Табунщик, Р. В. Горбунов // Геология, география и глобальная энергия. – 2022. – № 3(86). – С. 78-88. – DOI 10.54398/20776322_2022_3_78. – EDN HMDZZS.
334. *Табунщик, В. А.* Изменение площади зеркал водохранилищ естественного стока на территории Крымского полуострова (сравнение данных на начало апреля 2019 и 2020 года) / В. А. Табунщик // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6, № 4. – С. 181-190. EDN MPKIZO.
335. *Табунщик, В. А.* Морфометрические характеристики бассейнов рек Северо-Западного склона крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) / В. А. Табунщик // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. - 2021. - Т. 7. № 3. - С. 267-278. <https://doi.org/10.37279/2413-1717-2021-7-3-267-278>. EDN HFSTOE.
336. *Табунщик, В. А.* Оценка вегетационного индекса NDVI на территории города федерального значения Севастополь в 2017 году по результатам анализа космических снимков Sentinel-2 / В. А. Табунщик, Р. В. Горбунов, А. А. Даниленко // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского - Природного заповедника РАН. – 2019. – № 4(12). – С. 56-70. – DOI 10.21072/eco.2021.12.03. – EDN SRHBRI.
337. *Табунщик, В. А.* Оценка индекса мощности линейной эрозии в бассейнах рек северо-западных склонов Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) / В. А. Табунщик // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2021. – Т. 7. № 2. – С. 344-354.
338. *Табунщик, В. А.* Применение концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования в речных бассейнах (на примере бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор) / В. А. Табунщик, Р. В. Горбунов // Социально-экологические технологии. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 77-106. – DOI 10.31862/2500-2961-2023-13-1-77-106. – EDN QFLRLO.
339. *Табунщик, В. А.* Применение спутниковых снимков Sentinel-2 для анализа земель используемых в сельском хозяйстве (на примере Раздольненского района Республики Крым) / В. А. Табунщик, Е. А. Петлюкова, М. О. Хитрин // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского - Природного заповедника РАН. – 2018. – № 1(5). – С. 43-57. – DOI 10.21072/eco.2021.05.05. – EDN XTGAPZ.

340. *Табунщик, В. А.* Пространственное распределения наклона поверхности в пределах ландшафтов Крымского полуострова // Строительство и техногенная безопасность. – 2021. – № 22(74). – С. 135-145.

341. *Табунщик, В. А.* Расчет антропогенной преобразованности ландшафтов Джанкойского района Республики Крым // В. А. Табунщик // Молодая наука - 2015 : Материалы VI Открытой международной молодежной научно-практической конференции, Туапсе, 03–04 апреля 2015 года / Под редакцией М.С. Аракелова, С.А. Мерзаканова. – Туапсе: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2016. – С. 330-332.

342. *Табунщик, В. А.* Рельеф бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) / В. А. Табунщик // Геополитика и экогеодинамика регионов. - 2018. - Т. 4. №. 3. - С. 78-87.

343. *Табунщик, В. А.* Характеристика рельефа туристско-рекреационных районов и туристско-рекреационных подрайонов Крымского полуострова / В. А. Табунщик // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. - 2020. - Т. 6, № 2. - С. 157-172.

344. *Таловская А.В.* Оценка воздействия на компоненты природной среды / А.В. Таловская. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2014. – 88 с.

345. *Тарарин, А. М.* Опыт применения изображений Земли из космоса и ГИС-технологий для мониторинга паводков и наводнений в России / А. М. Тарарин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2007. – Т. 4, № 2. – С. 340-344. – EDN NDPUCB.

346. Теория и методология ландшафтного планирования / Отв.ред. К.Н. Дьяконов, А.В. Хорошев. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2019. 444 с.

347. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 368 с.

348. Техногенная трансформация геологической среды и экологическая ситуация в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе КМА / А. Н. Петин, И. А. Киреева-Гененко, Е. М. Лопина, М. А. Симонова // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 7-1. – С. 69-72. – EDN WHDARZ.

349. *Тимченко З.В.* Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма / З.В. Тимченко. – Симферополь: ДОЛЯ, 2002. – 152 с.

350. *Тимченко, З. В.* Оценка геоэкологического состояния водных ресурсов малых рек (на примере малых рек северного макросклона Крымских гор) : специальность 11.00.11 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Тимченко Зинаида Владимировна. – Симферополь, 2000. – 24 с. – EDN ZMAYPX.

351. *Тимченко, З.В.* Гидрография и гидрология рек Крыма / З.В. Тимченко. – Симферополь: АРИАЛ, 2012. – 290 с.
352. *Титов, И.А.* Взаимодействие растительных сообществ и условий среды. Проблема развития георастительных систем / И.А. Титов. – М.: Высшая школа, 1961. – 519 с.
353. *Токарев, С. В.* Картирование элементов рельефа земной поверхности с использованием индекса топографической позиции (на примере Крымского полуострова) / С. В. Токарев, К. Н. Рощина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 4. – С. 64-86. – EDN VSMBRZ.
354. *Трифонова, Т. А.* Пространственная типизация геосистем речных бассейнов водосбора реки Камы в связи с особенностями тектонического строения территории / Т. А. Трифонова, П. С. Шутов // Геодинамика и тектонофизика. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 1029-1044. – DOI 10.5800/GT-2019-10-4-0456. – EDN XGHDFP.
355. *Трифонова, Т. А.* Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема / Т. А. Трифонова // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2008. – № 1. – С. 28-36. – EDN ICEBRR.
356. *Трофимов А.А.* Оценка точности матрицы высот SRTM по материалам топографических съемок / Трофимов А.А., Филиппова А.В. // Геопрофи. 2014. № 6. С. 13–17.
357. *Трофимова, В.Л.* Природопользование. Толковый словарь / В.Л. Трофимова. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 183 с.
358. *Троценко, М. А.* Напряженные геоэкологические ситуации на территории Волгоградской области и критерии оценки степени их остроты / М. А. Троценко, Н. О. Рябина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1-3. – С. 677-682. – EDN SXGOLR.
359. Туристско-рекреационные паспорта городских округов и районов Республики Крым и города Севастополя / под ред. Яковенко И. М. Симферополь, 2017. «Издательство Типография «Ариал». 286 с.
360. *Фасмер М.* Этимологический словарь русского языка. В 4 т. Т. 3 (Муза Сят) / М. Фасмер // Пер. с нем. и доп. О. Н. Трубачева. - М.: Прогресс, 1987. - 832 с.
361. *Философская энциклопедия. Том 3: Коммунизм-Наука.* - Москва: Сов. энциклопедия, 1964. - 584 с.
362. *Халилов, Г. А.* Морфометрический метод экогеоморфологической оценки рельефа Азербайджанской республики (на примере междуречья Храми- Зайам) / Г. А. Халилов, С. Н. Абушова // Географический вестник. – 2014. – № 4(31). – С. 17-21. – EDN TCBTAX.

363. *Харитонов, Г. Б.* Совершенствование государственного и муниципального управления водопользованием в России / Г. Б. Харитонов // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. – 2014. – № 2. – С. 103-108. – EDN SEWPHN.
364. *Хорошев, А. В.* Ландшафтно-экологические основы территориального планирования / А. В. Хорошев // Эколого-географические проблемы развития регионов и городов Республики Казахстан: сборник статей. – Москва : Географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, 2017а. – С. 89-101.
365. *Хорошев, А. В.* Полимасштабная организация географического ландшафта / А.В. Хорошев. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 416 с. EDN TOUIFD.
366. *Хорошев, А. В.* Эмерджентные эффекты пространственной структуры ландшафта / А. В. Хорошев // Современные проблемы географии и геологии : к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Томск, 16–19 октября 2017 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2017б. – С. 109-112.
367. *Хорошев, А.В.* Ландшафтно-экологическое планирование / А.В. Хорошев. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2023. – 261 с.
368. *Чеботарев, А.И.* Гидрологический словарь / А.И. Чеботарев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.
369. *Чекмарева, Т. М.* Экологическая оценка антропогенной преобразованности ландшафтов пгт Кача севастопольского региона Крыма / Т. М. Чекмарева, М. А. Сидорова // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2013. – №. 4. – С. 107-113.
370. *Чепурко, Н. Л.* Подходы к типология природно-хозяйственных систем по характеру их участия в круговороте вещества / Н.Л. Чепурко // Вопр. геогр. 1981. Вып. 117.
371. *Чернов, А. В.* География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии / А. В. Чернов ; А. В. Чернов. – Москва : [б. и.], 2009. – 682 с.
372. *Чернов, А. В.* Основы геоэкологического подхода к изучению пойменно-русловых комплексов / А. В. Чернов, Л. В. Злотина // Экологические аспекты эрозионных и русловых процессов : Межвузовский сборник / под редакцией Р.С. Чалова и М.В. Кумани. – Москва : Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2016. – С. 104-117.
373. *Черных, Д. В.* Пространственная организация ландшафтов бассейна реки Барнаулки / Д. В. Черных, Д. В. Золотов. – Новосибирск : Издательство Сибирского отделения РАН, 2011. – 204 с.

374. *Черных, П. Я.* Историко-этимологический словарь современного русского языка / П. Я. Черных. В 2 т. – 3-е изд., стереотип. – М.: Русский язык, 1999. – Т.2: Панцирь – Ящур. — 560 с.
375. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии : Рус.-англ.-нем.-фр. / Сост. И. С. Щукин; Под ред. А. И. Спиридонова. - М. : Сов. энциклопедия, 1980. - 703 с.
376. *Чибилев, А. А. м.* Пространственная оценка уровня антропогенной нагрузки степных регионов России / А. А. м. Чибилев, Д. В. Григорьевский, Д. С. Мелешкин // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – Т. 161. – № 4. – С. 590-606.
377. *Швебс Г. И.* Концепция природно-хозяйственных территориальных систем и вопросы рационального природопользования //География и природные ресурсы. 1987. Т. 1. №. 14. С. 30-38.
378. *Швебс, Г.И.* Теоретические основы эрозиоведения / Г.И. Швебс. – Киев-Одесса: Вища школа, 1981. – 223 с.
379. *Швебс, Г.И.* Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка / Г.И. Швебс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 184 с.
380. *Шестаков, А.С.* Принципы классификации эколого-географических ситуаций / А.С. Шестаков // Известия Русского геогр. общ-ва. – 1992. – Т. 124. Вып. 3. – С. 241-272.
381. *Шищенко, П. Г.* Прикладная физическая география / П. Г. Шищенко. – Киев: Выща школа, 1988. – 192 с.
382. *Шокина, О. И.* Факторы изменений структуры природопользования (на примере верхней части бассейна Р. Луги) / О. И. Шокина, И. Л. Марголина // Псковский регионологический журнал. – 2007. – № 5. – С. 78-83. – EDN NUFINB.
383. *Штырова, В. К.* Картографическая модель геоэкологической оценки территории / В. К. Штырова, О. Е. Нестерова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле. – 2009. – Т. 9, № 2. – С. 23-27. – EDN МЕНСFT.
384. *Шуваев, Н. С.* Конфликт природопользования: определение понятия, особенности и проблемы / Н. С. Шуваев, А. В. Вязникова, Е. А. Минеев // Астраханские Петровские чтения: "Россия - Астрахань - Восток: интегральное взаимодействие (к 300-летию образования Астраханской губернии)" : материалы Международной научной конференции, Астрахань, 26–28 октября 2017 года. – Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет", 2018. – С. 220-222. – EDN UUNDQQ.

385. *Шугулова, Д. К.* Определение подтопленных территорий с использованием гис-моделирования гидрологических процессов / Д. К. Шугулова, Г. З. Мажитова, К. М. Джаналеева // Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия: Химия. География. Экология. – 2022. – № 2(139). – С. 72-79. – EDN CSSSXA.

386. *Эдельштейн, К. К.* Структурная гидрология суши / К.К. Эдельштейн. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Издательство ГЕОС", 2005. – 315 с.

387. Экологические ниши региональных экосистем Крымского полуострова в условиях изменения климата / Р. В. Горбунов, В. А. Табунщик, Т. Ю. Горбунова, А. В. Дрыгваль // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2021. – Т. 7, № 2. – С. 249-278. – EDN WVCFRU.

388. Эколога-хозяйственный баланс территории Старошайговского района Республики Мордовия / М. В. Сметанова, Ю. Д. Федотов, В. Н. Маскайкин, Т. Ю. Кирюшина // Современные проблемы территориального развития. – 2018. – № 4. – С. 7.

389. Эрозионное расчленение рельефа Северо-Восточного Кавказа как фактор рекреационного освоения территории / В. В. Братков, З. В. Атаев, А. А. Алсабекова, С. Х. Сулумов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2011. – № 4(17). – С. 99-103. – EDN OXUFZH.

390. *Якубович Ирина Анатольевна.* Региональная оценка геоэкологической ситуации / И.А. Якубович // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 11. – С. 52-53. – EDN MURGQX.

391. *Яницкий Е. Б.* Геоэкологическая оценка и мониторинг антропогенного воздействия горной промышленности КМА с использованием ГИС (на примере Старооскольско-Губкинского района) : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Яницкий Евгений Брониславович. – Астрахань, 2009. – 23 с. – EDN ZNUYTN.

392. Автономна Республіка Крим: атлас / ТНУ ім. В.І. Вернадського, Крим. наук.центр НАН України і М-ва освіти і науки України, Ін-т географії НАН України, Ін-т перед. технологій ; ред. М.В. Багров [та ін.]. – К.; Симферополь: ТНУ, 2003. – 76 с.

393. *Гродзинський, М. Д.* Ландшафтна екологія / М. Д. Гродзинський // К. Знання. – 2014. – 550 с.

394. *Гродзинський, М. Д.* Ландшафтознавство / М. Д. Гродзинський, О. В.Савицька // К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. – 319 с.

395. *Гродзинський, М. Д.* Ніші ландшафтів України у просторі кліматичних факторів / М. Д. Гродзинський, Д. В. Свідзінська. – Київ: Обрії, 2008. – 259 с.

396. Національний атлас України / голов. ред. Л. Г. Руденко ; голова ред. кол. Б. Є. Патон. — К. : ДНВП «Картографія», 2007. — 435 с.
397. *Некос, А. Н.* Екологія та неоекологія. Термінологічний українсько-російський словник довідник / А.Н. Некос. — Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2007. — 379 с.
398. *Петлін, В. М.* Організація та організованість природних територіальних систем / В.М. Петлін. — Луцьк: Вид. центр СХУ ім. Лесі Українки, Простір-М, 2020. — 1036 с.
399. *Петлін, В. М.* Прикладне ландшафтознавство / В.М. Петлін, О. В. Міщенко— Луцьк: Вежа-Друк, 2021. — 328 с.
400. 21st century runoff sensitivities of major global river basins / Q. Tang, Q. Tang, D. P. Lettenmaier, D. P. Lettenmaier // *Geophysical Research Letters*. — 2012. — Vol. 39. — No. 6. — DOI: 10.1029/2011GL050834.
401. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives / P. H. Brancalion, L. C. Garcia, R. Loyola, R. R. Rodrigues, V. D. Pillar, T. M. Lewinsohn // *Natureza & Conservação*. — 2016. — Vol. 14. — pp. 1-15.
402. A high-accuracy map of global terrain elevations / D. Yamazaki, D. Ikeshima, R. Tawatari, T. Yamaguchi, F. O'Loughlin, J. Neal, C. C. Sampson, S. Kanae, P. Bates // *Geophysical Research Letters*. — 2017. — Vol. 44. No. 11. — pp. 5844-5853.
403. A multidisciplinary framework to derive global river reach classifications at high spatial resolution / C. Ouellet Dallaire, B. Lehner, R. Sayre, M. Thieme // *Environmental Research Letters*. — 2019. — Vol. 14. — No. 2. — p. 24003.
404. A new hybrid land cover dataset for Russia: a methodology for integrating statistics, remote sensing and in situ information / D. Schepaschenko, I. S. McCallum, A. Shvidenko, S. Fritz, F. Kraxner, M. Obersteiner // *Journal of Land Use Science*. — 2011. — Vol. 6. — No. 4. — pp. 245-259.
405. Acid rain and air pollution: 50 years of progress in environmental science and policy / P. Grennfelt, A. Engleryd, M. Forsius, . Hov, H. Rodhe, E. Cowling // *Ambio*. — 2019. — Vol. 49. — No. 4. — pp. 849-864.
406. AHP-GIS analysis for flood hazard assessment of the communities nearby the world heritage site on Ayutthaya Island, Thailand / S. Kittipongvises, A. Phetrak, P. Rattanapun, K. Brundiars, J. Buizer, R. Melnick // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. — 2020. — Vol. 48. — p. 101612.
407. Air pollution and its effects on the immune system / D. A. Glencross, T. Ho, N. Camia, C. M. Hawrylowicz, P. Pfeffer // *Free Radical Biology and Medicine*. — 2020. — Vol. 151. — pp. 56-68.
408. Air pollution over European Russia and Ukraine under the hot summer conditions of 2010 / A. M. Zvyagintsev, O. B. Blum, A. A. Glazkova, S. N. Kotel'nikov, I. N. Kuznetsova, V. A. Lapchenko, E. A. Lezina, E. A. Miller, V. A. Milyaev, A. P. Popikov, E. G. Semutnikova, O. A. Tarasova // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. — 2011. — Vol. 47, No. 6. — P. 699-707.

409. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China / K. Chen, M. Wang, C. Huang, P. L. Kinney, D. A. Dzombak // *The Lancet Planetary Health*. – 2020. – Vol. 4. – No. 6. – p. e210-e212.
410. Akinci, A. Ensemble Smoothed Seismicity Models for the New Italian Probabilistic Seismic Hazard Map / A. Akinci, M. P. Moschetti, M. Taroni // *Seismological Research Letters*. – 2018. – Vol. 89. – No. 4. – pp. 1277-1287.
411. Almetwally, A. A. Ambient air pollution and its influence on human health and welfare: an overview / A. A. Almetwally, M. Bin-Jumah, A. A. Allam // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2020. – Vol. 27. – No. 20. – pp. 24815-24830.
412. An interactive GIS-based software for dynamic monitoring of rivers / M. K. Yetik, M. Yuceer, E. Karadurmus, E. Semizer, A. Calimli, R. Berber // *J. Environ. Prot. Ecol.* – 2014. – T. 15. – №. 4. – C. 1767-1778.
413. An Operational Analysis Ready Radar Backscatter Dataset for the African Continent / F. Yuan, M. Repse, A. Leith, A. Rosenqvist, G. Milčinski, N. F. Moghaddam, T. Dhar, C. Burton, L. Hall, C. Jorand, A. Lewis // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14. No. 2. – p. 351.
414. Analysis and prediction of vegetation dynamic changes in China: Past, present and future / Z. Zhou, Y. Ding, H. Shi, H. Cai, Q. Fu, S. Liu, T. Li // *Ecological Indicators*. – 2020. – Vol. 117. – p. 106642.
415. Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data: Case of Fez, Morocco / A. El Garouani, D. J. Mulla, S. El Garouani, J. Knight // *International Journal of Sustainable Built Environment*. – 2017. – Vol. 6 (1). – pp. 160-169.
416. Analyzing vegetation dynamic trend on the Mongolian Plateau based on the Hurst exponent and influencing factors from 1982–2013 / S. Tong, J. Zhang, Y. Bao, L. Quan, X. Lian, N. Li, Y. Bao // *Journal of Geographical Sciences*. – 2018. – Vol. 28. – No. 5. – pp. 595-610.
417. Anthropogenic Drivers of Mangrove Loss and Associated Carbon Emissions in South Sumatra, Indonesia / S. Eddy, N. Milantara, S. D. Sasmito, T. Kajita, M. Basyuni // *Forests*. – 2021. – Vol. 12. – No. 2. – p. 187.
418. Anthropogenic transformation of Yangtze Plain freshwater lakes: patterns, drivers and impacts / X. Hou, L. Feng, J. Tang, X. Song, J. Liu, Y. Zhang, J. Wang, Y. Xu, Y. Dai, Y. Zheng, L. Tang, B. A. Bryan // *Remote Sensing of Environment*. – 2020. – Vol. 248. – p. 111998.
419. Appannagari, R. R. Environmental pollution causes and consequences: a study / R. R. Appannagari // *North Asian International Research Journal of Social Science and Humanities*. – 2017. – Vol. 3(8). – pp. 151-161.

420. Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas / L. Gigovi, D. Pamucar, Z. Baji, S. Drobnjak // *Water (Switzerland)*. 2017. Vol. 9. No. 6. p. 360.
421. Application of MODIS satellite products to the air pollution research in Beijing / C. Li, J. Mao, A. K. Lau, Z. Yuan, M. Wang, X. Liu // *Science in China Series D (Earth Sciences)*. – 2005. – Vol. 48. – pp. 209-219
422. Are Air Pollution, Economic and Non-Economic Factors Associated with Per Capita Health Expenditures? Evidence from Emerging Economies / M. Usman, Z. Ma, M. Wasif Zafar, A. Haseeb, R. U. Ashraf // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16. – No. 11. – p. 1967.
423. Assessing the impact of floods on vegetation worldwide from a spatiotemporal perspective / J. Chen, Z. Shao, X. Huang, B. Cai, X. Zheng // *Journal of Hydrology*. – 2023. – Vol. 622. – p. 129715.
424. Assessment of climate impact on vegetation dynamics over East Africa from 1982 to 2015 / W. Kalisa, T. Igbawua, M. Henchiri, S. Ali, S. Zhang, Y. Bai, J. Zhang // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9. – No. 1. – 16865.
425. Assessment of Groundwater Decontamination Processes around a Dismantled Septic Tank Using GIS and Statistical Analysis / T. Mester, G. Szabó, Z. Sajtos, E. Baranyai, E. Kiss, D. Balla // *Water*. – 2023. – Vol. 15. – №. 5. – p. 884.
426. Assessment of Land Use Land Cover Changes and Future Predictions Using CA-ANN Simulation for Selangor, Malaysia / M. F. Baig, M. Mustafa, I. Baig, H. B. Takaijudin, M. T. Zeshan // *Water (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 14. – No. 3. – p. 402.
427. Assessment of the Atmospheric Deposition of Heavy Metals and Other Elements in the Mountain Crimea Using Moss Biomonitoring Technique / P. Nekhoroshkov, A. Peshkova, I. Zinicovscaia, K. Vergel, A. Kravtsova // *Atmosphere*. – 2022. – Vol. 13. – No. 4. – p. 573.
428. Atmospheric Trends of CO and CH₄ from Extreme Wildfires in Portugal Using Sentinel-5P TROPOMI Level-2 Data / C. Magro, L. Nunes, A. C. Gonçalves, N. Neng, J. Braz Nogueira, F. Rego, P. Vieira // *Fire*. – 2021. – Vol. 4. – No. 2. – p. 25.
429. *Bajirao, T. Suryakant, et al.* Application of remote sensing and GIS for morphometric analysis of watershed: A Review // *International Journal of Chemical Studies. IJCS*. 2019. Vol. 7.2 pp. 709-713.
430. *Bastian, O.* Ecosystem properties, potentials and services – The EPPS conceptual framework and an urban application example / O. Bastian, D. Haase, K. Grunewald // *Ecological Indicators*. – 2012. – Vol. 21. – P. 7–16.

431. Biofuel burning and human respiration bias on satellite estimates of fossil fuel CO₂ emissions / P. Ciais, Y. Wang, Yu. Liu, F. Bréon, F. Chevallier, G. Broquet, G. Nabuurs, G. P. Peters, M. McGrath, W. Meng, B. Zheng, S. T. // *Environmental Research Letters*. – 2020. – Vol. 15. – No. 7. – p. 74036.
432. Biogenic Elements of Atmospheric Fallout and Impact of Sub-Mediterranean Forest Communities of Downy Oaks on Changes in the Chemical Composition of Atmospheric Precipitation / C. N. Pham, R. Gorbunov, V. Lapchenko, T. Gorbunova, V. Tabunshchik // *Forests*. – 2023. – Vol. 14. – No. 2. – p. 294. – DOI: 10.3390/f14020294
433. *Bouchahma, M.* Monitoring shoreline change on Djerba Island using GIS and multi-temporal satellite data / M. Bouchahma, W. Yan // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2013. – Vol. 7. – No. 9. – pp. 3705-3713.
434. *Bright, E.* LandScan Global 2000 [Data set] / E. Bright, P. Coleman. – Oak Ridge National Laboratory. 2001. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.48690/1524196>
435. *Brown, C.* Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications, and Management / C. Brown. 2001.
436. *Brutsaert W.* Hydrology / W. Brutsaert. – Cambridge university press, 2023.
437. *Bryant, R. L.* Rethinking environmental management / R. L. Bryant, G. A. Wilson // *Progress in Human Geography*. – 1998. – Vol. 22(3). – pp. 321–343.
438. *Cai, S.* Flooding Risk Assessment and Analysis Based on GIS and the TFN-AHP Method: A Case Study of Chongqing, China / S. Cai, J. Fan, W. Yang // *Atmosphere*. – 2021. – Vol. 12. – No. 5. – p. 623.
439. Challenges and Opportunities for UAV-Based Digital Elevation Model Generation for Flood-Risk Management: A Case of Princeville, North Carolina/ L. Hashemi Beni, J. Jones, G. Thompson, C. Johnson, A. Gebrehiwot // *Sensors*. – 2018. – Vol. 18. – No. 11. – p. 3843.
440. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making / R. S. de Groot, R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, L. Willems // *Ecological Complexity*. – 2010. – Vol. 7. – P. 260–272.
441. *Chang, Kang-tsung.* Introduction to Geographic Information Systems /Kang-tsung Chang. – McGraw-Hill Education, 2018. – 464 p.
442. Change of Air Temperature in Crimea / R.V. Gorbunov, T. Yu. Gorbunova, A.V. Drygval, V. A. Tabunshchik // *Environment and Human: Ecological Studies*. – 2020. – Vol. 10. – No. 3. – p. 370–383.

443. Changes in vegetation net primary productivity from 1982 to 1999 in China / S. Piao, S. Piao, J. Fang, J. Fang, L. Zhou, L. Zhou, Z. Biao, K. Tan, S. Tao, T. S // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2005. – Vol. 19. – No. 2. – DOI: 10.1029/2004GB002274
444. *Chaudhry, F. N.* Factors affecting water pollution: a review / F. N. Chaudhry, M. F. Malik // *J. Ecosyst. Ecography*. – 2017. – Vol. 7. – No. 1. – pp. 225-231.
445. Climate Change and Resource Management in the Columbia River Basin / S. J. Cohen, K. L. Miller, A. F. Hamlet, W. Avis // *Water International*. – 2000. – Vol. 25. – No. 2. – pp. 253-272.
446. Climate change and the institutional resilience of international river basins / L. De Stefano, J. W. Duncan, S. Dinar, K. Stahl, K. M. Strzepek, A. Wolf // *Journal of Peace Research*. – 2012. – Vol. 49. – No. 1. – pp. 193-209.
447. Climate change and the world's river basins: anticipating management options / M. V. Palmer, C. A. Reidy Liermann, C. Nilsson, M. Flörke, J. Alcamo, P. S. Lake, N. R. Bond // *Frontiers in Ecology and the Environment*. – 2008. – Vol. 6. – No. 2. – pp. 81-89.
448. Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud River Basin / A. Gohari, S. Eslamian, J. Abedi Koupaei, A. R. M. Bavani, D. WANG, K. Madani // *Science of the Total Environment*. – 2013. – Vol. 442. – pp. 405-419.
449. Climatic and anthropogenic driving forces of the nitrogen cycling in a subtropical river basin / H. Jiang, J. Zhai, W. Liu, J. Zhang, T. Zhao, Z. Xu // *Environmental Research*. – 2021. – Vol. 194. – p. 110721
450. Comparison of TROPOMI/Sentinel-5 Precursor NO₂ observations with ground-based measurements in Helsinki / I. Ialongo, H. Virta, H. J. Eskes, J. Hovila, I. Douros // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2020. – Vol. 13. – No. 1. – pp. 205-218.
451. Conterminous United States land cover change patterns 2001–2016 from the 2016 national land cover database / H. Collin et al. // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2020. – V. 162. – pp. 184–199.
452. Copernicus Global Land Cover Layers-Collection 2 / M. Buchhorn, M. Lesiv, N. E. Tsundbazar, M. Herold, L. Bertels, B. Smets // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – No. 6. – p. 1044.
453. COVID-19 as a factor influencing air pollution? / F. Dutheil, D. G. Baker, V. Navel // *Environmental Pollution*. – 2020. – Vol. 263. – p. 114466.
454. COVID-19 Restriction Movement Control Order (MCO) Impacted Emissions of Peninsular Malaysia Using Sentinel-2a and Sentinel-5p Satellite / N. A. Mazlan, N. A. F. Nik Effendi, R. H. Narashid, N. Talib, J. Manokaran, F. C. Arshad, S. S. M. Fauzi, N. C. Dom, M. Valipour, R. Dambul, S. Blenkinsop // *Earth Systems and Environment*. – 2022. – DOI: 10.1007/s41748-022-00329-

455. *Crippen, R. E.* Calculating the Vegetation Index Faster / R. E. Crippen // Remote Sensing of Environment. – 1990. – Vol. 34. – pp. 71–73.
456. Cumulative effects of rapid land-cover and land-use changes on the Yamal Peninsula, Russia / D. A. Walker et al. // Eurasian Arctic land cover and land use in a changing climate. – Springer, Dordrecht, 2010. – pp. 207-236.
457. Data on comparative studies of lineaments extraction from ASTER DEM, SRTM, and Cartosat for Jilledubanderu River basin, Anantapur district, AP, India by using remote sensing and GIS / M. Rajasekhar, G. S. Raju, R. S. Raju, M. Ramachandra, B. P. Kumar // Data in Brief. – 2018. – Vol. 20. pp. 1676-1682.
458. Declining geohazard activity with vegetation recovery during first ten years after the 2008 Wenchuan earthquake / P. Shen, Limin Zhang, R. L. Fan, H. Zhu, S. Zhang // Geomorphology. – 2020. – Vol. 352. – p. 106989.
459. Development of 2010 national land cover database for the Nepal / Kabir Uddin, et al. // Journal of environmental management. – 2015. – Vol. 148. – pp. 82-90.
460. Development of a global seismic risk model / V. Silva, D. Amo Oduro, A. Calderón, C. Costa, J. Dabbeek, V. Despotaki, L. Martins, M. Pagani, A. Rao, M. Simionato, D. Viganò, C. Yepes Estrada, A. Acevedo, H. Crowley, N. Horspool, K. Jaiswal, M. Journeay, M. Pittore // Earthquake Spectra. – 2020. – Vol. 36. – No. 1_suppl. – pp. 372-394.
461. Development of the 2017 national seismic hazard maps of Indonesia / M. Irsyam, P. R. Cummins, M. Asrurifak et al. // Earthquake Spectra. – 2020. – Vol. 36. – No. 1_suppl. – pp. 112-136.
462. Development of winter crops in the south of European part of Russia in spring 2022 based on remote sensing data / K. A. Troshko, P. V. Denisov, E. A. Dunaeva, E. A. Loupian, D. Plotnikov, V. A. Tolpin // Sovremennye Problemy Distantzionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa. – 2022. – Vol. 19. – No. 2. – pp. 261-267.
463. Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology / Florinsky I. V. – Amsterdam : Elsevier Inc., 2016. – 486 p.
464. Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review / Á. Leelőssy, F. Molnár, F. Izsák, Á. Havasi, I. Lagzi, R. Mészáros // Open Geosciences. – 2014. – Vol. 6, No. 3. – pp. 257-278
465. Do environmental management systems help improve corporate sustainable development? Evidence from manufacturing companies in Pakistan / M. Ikram, P. Zhou, S. A. A. Shah, G. Q. Liu // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 226. – pp. 628-641.
466. *Du, W.* The impact of land resource mismatch and land marketization on pollution emissions of industrial enterprises in China / W. Du, M. Li // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 299. – p. 113565.

467. *Duguma, T. A.* RS and GIS analysis of the groundwater potential zones in the Upper Blue Nile River Basin, Ethiopia / T. A. Duguma // *Journal of Hydrology: Regional Studies*. – 2023. – Vol. 46. – p. 101344.
468. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions / E. F. Lambin, H. J. Geist, E. Lepers // *Annual review of environment and resources*. – 2003. – Vol. 28, No. 1. – pp. 205–241.
469. Dynamics of wind erosion and impact of vegetation cover and land use in the Sahel: A case study on sandy dunes in southeastern Niger / A. Abdourhamane Touré, A. D. Tidjani, J. Rajot, B. Marticorena, G. Bergametti, C. Bouet, K. J. M. Ambouta, Z. Garba // *Catena*. – 2019. – Vol. 177. – pp. 272-285.
470. Ecological niche models and species distribution models in marine environments: A literature review and spatial analysis of evidence / S. M. Melo-Merino, H. Reyes-Bonilla, A. Lira-Noriega // *Ecological Modelling*. – 2020. – Vol. 415. – pp. 108837.
471. Ecosystem services in Mediterranean river basin: Climate change impact on water provisioning and erosion control / R. F. Bangash, A. Passuello, M. Sánchez Canales, M. Terrado, A. López, F. J. Elorza, T. Václavík, V. Acuña, M. Schuhmacher // *Science of the Total Environment*. – 2013. – Vol. 458-460. – pp. 246-255.
472. Effectiveness of vegetation cover pattern on regulating soil erosion and runoff generation in red soil environment, southern China / C. Tang, Yu. Liu, Z. Li, L. Guo, A. Xu, J. Zhao // *Ecological Indicators*. – 2021. – Vol. 129. – p. 107956.
473. Effects of global ship emissions on European air pollution levels / J. E. Jonson, M. Gauss, M. Schulz, J.-P. Jalkanen, H. Fagerli // *Atmos. Chem. Phys.* – 2020. – Vol. 20. – pp. 11399–11422.
474. Effects of land use and land cover change on ecosystem services in the Koshi River Basin, Eastern Nepal / B. Rimal, R. Sharma, R. Kunwar, H. Keshtkar, N. E. Stork, S. Rijal, S. A. Rahman, H. Baral // *Ecosystem Services*. – 2019. – Vol. 38. – p. 100963.
475. *El Gammal, E. A.* Change detection studies on the world's biggest artificial lake (Lake Nasser, Egypt) / E. A. El Gammal, S. E. Salem, A. E. A. El Gammal // *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. – 2010. – Vol. 13. – No. 2. – pp. 89-99.
476. *Elkhrachy, I.* Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER Digital Elevation Models: A case study of Najran city, Saudi Arabia / I. Elkhrachy // *Ain Shams Engineering Journal*. – 2018. – Vol. 9. – No. 4. – pp. 1807-1817.
477. Emissions and human health impact of particulate matter from surface mining operation—A review / A. K. Patra, S. Gautam, P. Kumar // *Environmental Technology and Innovation*. – 2016. – Vol. 5. – pp. 233-249.

478. *Engle, N. L.* Unpacking governance: Building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil / N. L. Engle, M. C. Lemos // *Global Environmental Change*. – 2010. – Vol. 20. – No. 1. – pp. 4-13.
479. Environmental management in the Brazilian non-metallic small-scale mining sector / A. B. Macedo, D. J. de Almeida Mello Freire, H. Akimoto // *Journal of Cleaner Production*. – 2003. – Vol. 11. – No. 2. – pp. 197-206.
480. Environmental pollution and their socioeconomic impacts / F.O. Ajibade, B. Adelodun, K.H. Lasisi, O.O. Fadare, T.F. Ajibade, N.A. Nwogwu, I.D. Sulaymon, A.Y. Ugya, H.C. Wang, A. Wang // *Microbe mediated remediation of environmental contaminants*. – Woodhead Publishing, 2021. – pp. 321-354.
481. ERA5-Land hourly data from 1950 to present 2022 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac>
482. *Escobar Villanueva, J. R.* DEM Generation from Fixed-Wing UAV Imaging and LiDAR-Derived Ground Control Points for Flood Estimations / J. R. Escobar Villanueva, L. Iglesias Martinez, J. I. Prez Montiel // *Sensors*. – 2019. – Vol. 19. – No. 14. – p. 3205.
483. Evaluating the effectiveness of emissions reduction measures and ambient air quality variability through ground-based and Sentinel-5P observations under the auspices of COVID pandemic lockdown in Tamil Nadu, India / K. Muniraj, B. Panneerselvam, S. Devaraj, J. C. Johnny, K. Sudalaimuthu // *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. – 2021. – pp. 1-12.
484. Evaluation of MODIS, Landsat 8 and Sentinel-2 Data for Accurate Crop Yield Predictions: A Case Study Using STARFM NDVI in Bavaria, Germany / M. S. Dhillon, C. Kuebert Flock, T. Dahms, T. Rummler, J. Arnault, I. Steffan-Dewenter, T. Ullmann // *Remote Sensing*. – 2023. – Vol. 15. – No. 7. – p. 1830
485. Evaluation of Rapeseed Winter Crop Damage Using UAV-Based Multispectral Imagery / Ł. Jełowicki, K. Sosnowicz, W. Ostrowski, K. Osieńska-Skotak, K. Bakuła // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – No. 16. – p. 2618.
486. Evaluation of Soil Loss and Sediment Yield Based on GIS and Remote Sensing Techniques in a Complex Amazon Mountain Basin of Peru: Case Study Mayo River Basin, San Martin Region / K. D. C. Camacho-Zorogastúa, J. Cesar Minga, J. W. Gómez-Lora, V. H. Gallo-Ramos, V. Garcés Díaz // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15. – No. 11. – p. 9059.
487. *Farrag, F. A.* The Role of SPOT Satellite Images in Mapping Air Pollution Caused by Cement Factories / F. A. Farrag // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens.* – 2020. – Vol. 33. – pp. 46-53.
488. Finer resolution observation and monitoring of global land cover: First mapping results with Landsat TM and ETM+ data / P. Gong et al // *Int. J. Remote Sens.* – 2013. – Vol. 34. – pp. 2607–2654.

489. *Fischer, M.* Surface elevation and mass changes of all Swiss glaciers 1980–2010 / M. Fischer, M. Huss, M. Hoelzle // *Cryosphere*. – 2015. – Vol. 9. – No. 2. – pp. 525-540.
490. Flood Hazard Mapping and Modeling Using GIS Applied to the Souss River Watershed / Z. E. A. El Morjani, M. Seif Ennasr, A. Elmouden, S. Idbraim, B. Bouaakaz, A. Saad // *Handbook of Environmental Chemistry*. – 2016. – pp. 57-93.
491. Flood Susceptibility Mapping through the GIS-AHP Technique Using the Cloud / K. C. Swain, C. Singha, L. Nayak // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2020. – Vol. 9. – No. 12. – p. 720.
492. *Florinsky, I. V.* A desktop system of virtual morphometric globes for Mars and the Moon / I. V. Florinsky, S. V. Filippov // *Planetary and Space Science*. – 2017. – Vol. 137. – pp. 32-39.
493. Forest Type Identification with Random Forest Using Sentinel-1A, Sentinel-2A, Multi-Temporal Landsat-8 and DEM Data / Y. Liu, W. Gong, X. Hu, J. Gong // *Remote Sensing*. – 2018. – Vol. 10. – No. 6. – p. 946.
494. *Garrote, J.* Free Global DEMs and Flood Modelling—A Comparison Analysis for the January 2015 Flooding Event in Mocuba City (Mozambique) / J. Garrote // *Water (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 14. – No. 2. – p. 176.
495. *Gautam, S.* COVID-19: air pollution remains low as people stay at home / S. Gautam // *Air Quality, Atmosphere and Health*. – 2020. – Vol. 13. – No. 7. – pp. 853-857.
496. *Gelagay, H. S.* Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia / H. S. Gelagay, A. S. Minale // *International Soil and Water Conservation Research*. – 2016. – Vol. 4. – No. 2. – pp. 126-136.
497. Geographic Information System and Geoportal «River basins of the European Russia» / O. P. Yermolaev, S. S. Mukharamova, K. A. Mal'tsev, M. Ivanov, P. O. Ermolaeva, A. I. Gayazov, V. V. Mozzherin, S. V. Kharchenko, O. A. Marinina, F. Lisetskii // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 107. p. 12108. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012108>.
498. *Ghorbanian, A.* Linear and Non-Linear Vegetation Trend Analysis throughout Iran Using Two Decades of MODIS NDVI Imagery / A. Ghorbanian, A. Mohammadzadeh, S. Jamali // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14. – No. 15. – p. 3683.
499. *Gilman, R. T.* How can conservation biology inform the practice of Integrated River Basin Management? / R. T. Gilman, R. A. Abell, C. E. Williams // *International Journal of River Basin Management*. – 2004. – Vol. 2. – No. 2. – pp. 135-148.
500. GIS Application in floods mapping in the Ganges–Padma River basins in Bangladesh / S. N. Islam, S. Reinstädler, M. H. Kowshik, S. Akther, M. N. Newaz, A. Gnauck, S. Eslamian // *Handbook of Hydroinformatics*. – Elsevier, 2023. – pp. 167-183.

501. GIS-Oriented Database on Seismic Hazard Assessment for Caucasian and Crimean Regions / A. A. Soloviev, A. A. Soloviev, A. D. Gvishiani, B. P. Nikolov, Yu. I. Nikolova // *Izvestiya - Atmospheric and Oceanic Physics*. – 2018. – Vol. 54. – No. 9. – pp. 1363-1373.
502. Global DEMs vary from one to another: an evaluation of newly released Copernicus, NASA and AW3D30 DEM on selected terrains of China using ICESat-2 altimetry data / H. Li, J. Zhao, B. Yan, L. Yue, L. Wang // *International Journal of Digital Earth*. – 2022. – Vol. 15, No. 1. – pp. 1149-1168.
503. Global Land Cover Mapping: A Review and Uncertainty Analysis / R. G. Congalton, J. Y. Gu, K. Yadav, P. Thenkabail, M. Ozdogan // *Remote Sens*. – 2014. – V. 6. – pp. 12070–12093.
504. Global monitoring of volcanic SO₂ degassing with unprecedented resolution from TROPOMI onboard Sentinel-5 Precursor / N. Theys, P. Hedelt, I. De Smedt, C. Lerot, H. Yu, J. Vlietinck, M. Pedernana, S. Arellano, B. Galle, D. Fernandez, C. J. M. Carlito, C. Barrington, B. Taisne, H. Delgado-Granados, D. Loyola, M. van Roozendaal // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9. – No. 1. – 2643.
505. GlobCover ESA service for Global land cover from MERIS / O. Arino, D. Gross, F. Ranera, M. Leroy, P. Bicheron, C. Brockman, P. Defourny, C. Vancutsem, F. Achard, L. Durieux, L. Bourg, J. Latham, A. Di Gregorio, R. Witt, M. Herold, J. Sambale, S. Plummer, J. Weber // *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.* – 2007. – July. – pp. 2412-2415.
506. *Gonzlez Moradas, M. D. R.* Evaluation of ASTER GDEM2, SRTMv3.0, ALOS AW3D30 and TanDEM-X DEMs for the Peruvian Andes against highly accurate GNSS ground control points and geomorphological-hydrological metrics / M. D. R. Gonzlez Moradas, V. Vanacker // *Remote Sensing of Environment*. – 2020. – Vol. 237. – p. 111509.
507. *Gosain, A. K.* Climate change impact assessment on hydrology of Indian river basins / A. K. Gosain, S. Rao, D. Basuray // *Current science*. – 2006. – p. 346-353.
508. *Gray, M.* Interrelationships of watershed characteristics / M. Gray // *Journal of Geophysical Research*. – 1961. – Vol. 66(4). – p. 1215–1223.
509. *Grekoisis, G.* An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products / G. Grekoisis, G. Mountrakis, M. Kavouras // *Int. J. Remote Sens*. – 2015. – Vol. 36. – pp. 5309–5335.
510. *Grigoryev, V.Y* The Water Balance Change of Large River Basins of the European Russia / V.Y Grigoryev, N.L. Frolova, R.G. Dzhamalov // *Water sector of Russia: problems, technologies, management*. – 2018. – Vol. 4. – pp. 36–47.
511. Ground-based validation of the Copernicus Sentinel-5P TROPOMI NO₂ measurements with the NDACC ZSL-DOAS, MAX-DOAS and Pandonia global networks / T. Verhoelst et al. // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2021. – Vol. 14. No. 1. – pp. 481-510.

512. *Gubareva, T. S.* Classification of river basins and hydrological regionalization (as exemplified by Japan) / T. S. Gubareva // *Geography and Natural Resources*. – 2012. – Vol. 33. – No 1. – p. 74-82.
513. *Hagmann, T.* Pastoral conflicts and state-building in the Ethiopian lowlands/ T. Hagmann, A. Mulugeta // *Africa Spectrum*. – 2008. – pp. 19-37.
514. Hierarchical mapping of annual global land cover 2001 to present: The MODIS Collection 6 Land Cover product / D. Sulla Menashe, J. Gray, S. P. Abercrombie, M. Friedl // *Remote Sensing of Environment*. – 2019. – Vol. 222. – pp. 183-194.
515. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change / M. C. Hansen, P. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. Justice, J. R. G. Townshend // *Science*. – 2013. – Vol. 342. – No. 6160. – pp. 850-853.
516. *Hipel, K. W.* Conflict analysis in environmental management / K. W. Hipel, Walker S. B. // *Environmetrics*. – 2011. – Vol. 22(3). – pp. 279-293.
517. *Hobbs, R.J.* Remote Sensing of Spatial and Temporal Dynamics of Vegetation / R.J. Hobbs // *Ecological Studies*. – 1990. – pp. 203-219.
518. *Horton, R. E.* Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology / R. E. Horton // *Geological Society of America Bulletin*. – 1945. – Vol. 56(3). – pp. 275.
519. How Large-Scale Anthropogenic Activities Influence Vegetation Cover Change in China? A Review / D. Feng, M. Fu, Y. Sun, W. Bao, M. Zhang, Y. Zhang, J. Wu // *Forests*. – 2021. – Vol. 12. – No. 3. – p. 320.
520. *Hu, T.* The Impact of Hurricane Maria on the Vegetation of Dominica and Puerto Rico Using Multispectral Remote Sensing / T. Hu, R. Smith // *Remote Sensing*. – 2018. – Vol. 10. – No. 6. – p. 827.
521. *Huete, A. R.* A soil-adjusted vegetation index (SAVI) / A. R. Huete // *Remote Sensing of Environment*. – 1988. – Volume 25. – Issue 3. – pp. 295–309.
522. *Humphreys, M.* Natural Resources, Conflict, and Conflict Resolution: Uncovering the Mechanisms / M. Humphreys // *Journal of Conflict Resolution*. – 2005. – Vol. 49(4). – pp. 508–537.
523. *Huntjens, P.* Climate change adaptation in European river basins / P. Huntjens, C. Pahl-Wostl, J. Grin // *Regional Environmental Change*. – 2010. – Vol. 10. – No. 4. – pp. 263-284.
524. *Hutchinson, G.E.* Concluding remarks / G.E. Hutchinson // *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. – 1957. – Vol. 22. – pp. 415–427.

525. Hydro-Economic Modelling for Water-Policy Assessment Under Climate Change at a River Basin Scale: A Review / A. Expsito, F. Beier, J. Berbel // *Water (Switzerland)*. – 2020. – Vol. 12. – No. 6. – p. 1559.
526. Identification of river basins within northwestern slope of Crimean Mountains using various digital elevation models (ASTER GDEM, ALOS world 3D, copernicus DEM, and SRTM DEM) / V. Tabunshchik, R. Gorbunov, T. Gorbunova, C. N. Pham, A. Klyuchkina // *Frontiers in Earth Science*. – 2023. – Vol. 11. – P. 1218823. – DOI: 10.3389/feart.2023.1218823.
527. Impact assessment of climate change and human activities on GHG emissions and agricultural water use / Yuguo Tang, X. Luan, J. X. Sun, J. Zhao, Y. Y. Yin, Yu. Wang, S. Sun // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2021. – Vol. 296. – p. 108218.
528. Impact of Emissions from the Los Angeles Port Region on San Diego Air Quality during Regional Transport Events / A. P. Ault, M. J. Moore, H. Furutani, K. A. Prather // *Environmental Science & Technology*. – 2009. – Vol. 43. – No. 10. – pp. 3500-3506. – DOI: 10.1021/es8018918
529. Impacts of climate change on vegetation pattern: Mathematical modeling and data analysis / G. Sun, L. Li, J. Li, X. Chen, Y. Wu, S. Gao, F. Wang, G. Feng // *Physics of Life Reviews*. – 2022. – Vol. 43. – pp. 239-270.
530. Integrated study on soil erosion using RUSLE and GIS in Yangtze River Basin of Jiangsu Province (China) / G. Fang, T. Yuan, Yu. Zhang, X. Wen, R. Lin // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2019. – Vol. 12. – No. 5. – p. 173.
531. Integration of research advances in modelling and monitoring in support of WFD river basin management planning in the context of climate change / P. Quevauviller, D. Barceló, M. Beniston, S. V. Djordjević, R. Harding, A. Iglesias, R. Ludwig, A. Navarra, A. Navarro Ortega, O. Mark, R. Roson, D. Sempere, M. Stoffel, H. A. J. Van Lanen, M. Werner // *Science of the Total Environment*. – 2012. – Vol. 440. – pp. 167-177.
532. *International Glossary of Hydrology*. – WMO-UNESCO, 2012. – 461 p.
533. *Iqbal, M. F.* Spatiotemporal Land Use Land Cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan / M. F. Iqbal, I. Khan // *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. – 2014. – Vol. 17. – No. 2. – pp. 209-229.
534. *Ito, A.* Historical emissions of carbonaceous aerosols from biomass and fossil fuel burning for the period 1870-2000 / A. Ito, J. J. Penner // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2005. – Vol. 19. – No. 2. – DOI: 10.1029/2004GB002374
535. *Ivanov, M. A.* Geomorphometric analysis of river basins in East European Russia using SRTM and ASTER GDEM data / M. A. Ivanov, O. P. Yermolaev, K. A. Maltsev, Y. A. Shynbergenov // *International Journal of Pharmacy and Technology*. – 2016. – Vol. 8, No. 3. – P. 14841-14852.

536. *Jordan, C. F.* Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor / Jordan C. F. // *Ecology*. – 1969. – Vol. 50. – pp. 663–666.
537. *Ju, M. H.* Changes in air pollution levels after COVID-19 outbreak in Korea / M. H. Ju, J. Oh, Y. Choi // *Science of the Total Environment*. – 2021. – Vol. 750. – p. 141521. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141521
538. *Kaplan, G.* Space-borne air pollution observation from Sentinel-5P Tropomi: Relationship between pollutants, geographical and demographic data / G. Kaplan, Z. Y. Avdan // *International Journal of Engineering and Geosciences*. – 2020. – Vol. 5(3). – pp. 130-137.
539. *Kaplan, G.* Spaceborne Nitrogen Dioxide Observations from the Sentinel-5P TROPOMI over Turkey / G. Kaplan, Z. Y. Avdan, U. Avdan // *Proceedings*. – 2019. – Vol. 18. – p. 4.
540. *Karlson, M.* Error Characteristics of Pan-Arctic Digital Elevation Models and Elevation Derivatives in Northern Sweden / M. Karlson, D. Bastviken, H. Reese // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13. – No. 22. – pp. 4653.
541. *Karwel, A.K.* Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland / Karwel A.K., Ewiak I. // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. – 2008. – Vol. XXXVII. Part B7. – P. 169–172.
542. *Kastratović, R.* Impact of foreign direct investment on greenhouse gas emissions in agriculture of developing countries / R. Kastratović // *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2019. 1467-8489.12309. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12309>
543. *Koneti, S.* Hydrological modeling with respect to impact of land-use and land-cover change on the runoff dynamics in Godavari River Basin using the HEC-HMS model / S. Koneti, S. L. Sunkara, P. S. Roy // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2018. – Vol. 7, Issue 6. – p. 206.
544. *Kononova, N. K.* An Investigation of circulation regime variability and dangerous weather phenomena in Russia in the 21st century / N. K. Kononova, A. R. Lupo // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – Vol. 606, No. 1. – p. 12023.
545. *Kossobokov, V. G.* Earthquake hazard and risk assessment based on Unified Scaling Law for Earthquakes: Greater Caucasus and Crimea / V. G. Kossobokov, A. Nekrasova // *Journal of Seismology*. – 2018. – Vol. 22, No. 5. – pp. 1157-1169.
546. *Kourgialas, N. N.* Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study / N. N. Kourgialas, G. D. Karatzas // *Hydrological Sciences Journal*. – 2011. – Vol. 56, No. 2. – pp. 212-225.
547. *Kramm, T.* Comprehensive vertical accuracy analysis of freely available DEMs for different landscape types of the Rur catchment, Germany / T. Kramm, D. Hoffmeister // *Geocarto International*. – 2021. – pp. 1-26.

548. *Lalander, R.* The Discursive Paradox of Environmental Conflict: Between Ecologism and Economism in Ecuador / R. Lalander, M. Merimaa // Forum for Development Studies. – 2018. – Vol. 45. – No. 3. – pp. 485-511.
549. Land Cover CCI: Product User Guide Version 2 / Defourny P., Kirches G., Brockmann C., Boettcher M., Peters M., Bontemps S., Lamarche C., Schlerf M., Santoro M. UCL-Geomatics: Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgium, 2015. 91 p.
550. Land cover change explains the increasing discharge of the Paraná River / E. Lee, A. Livino, S.C. Han et al. // Reg. Environ. Change. – 2018. – V. 18. – pp. 1871–1881.
551. Land use and land cover change in Arctic Russia: Ecological and social implications of industrial development / T. Kumpula, A. Pajunen, E. Kaarlejärvi, B. C. Forbes, F. Stammer // Global Environmental Change. – 2011. – Vol. 21. – No. 2. – pp. 550-562.
552. Land Use and Land Cover Change in the Yellow River Basin from 1980 to 2015 and Its Impact on the Ecosystem Services / B. Liu, L. Pan, Y. Qi, X. Guan, J. Li // Land. – 2021. – Vol. 10. – No. 10. – p. 1080.
553. Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh / K. Islam, M. Jashimuddin, B. Nath, T. K. Nath // Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. – 2018. – Vol. 21. – No. 1. – pp. 37-47.
554. *Landrigan, P. J.* Air pollution and health / P. J. Landrigan // The Lancet Public Health. – 2017. – Vol. 2, No. 1. – p. e4-e5.
555. Landsat Analysis Ready Data for Global Land Cover and Land Cover Change Mapping / P. Potapov, M. C. Hansen, I. Kommareddy, A. Kommareddy, S. Turubanova, A. Pickens, B. Adusei, A. Tyukavina, Y. Qing // Remote Sensing. – 2020. – Vol. 12. – No. 3. – p. 426.
556. Land-use conflicts with natural vegetation in the United States / J. M. Klopatek, R. J. Olson, C. J. Emerson, J. L. Jones // Environmental conservation. – 1979. – Vol. 6(3). – pp. 191-199.
557. *Langat, P. K.* Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques / P. K. Langat, L. Kumar, R. Koech // Geomorphology. – 2019. – Vol. 325. – pp. 92-102.
558. *Lapchenko, V. A.* Trace atmospheric gases in the Karadag nature reserve in Crimea / V. A. Lapchenko, A. M. Zvyagintsev // Atmospheric and Oceanic Optics. – 2015. – Vol. 28, No. 4. – pp. 308-311. – DOI: 10.1134/S1024856015040089.
559. *Lehner, B.* Global river hydrography and network routing: baseline data and new approaches to study the world's large river systems / B. Lehner, G. Grill // Hydrological Processes. – 2013. – Vol. 27, No. 15. – pp. 2171-2186.
560. *Libiszewski, S.* What is an environmental conflict / S. Libiszewski // Journal of Peace Research. – 1991. – Vol. 28, No. 4. – P. 407-422.

561. Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators / T. Wrbka, K. Erb, N. B. Schulz, J. Peterseil, C. Hahn, H. Haberl // *Land Use Policy*. – 2004. – Vol. 21. No. 3. – pp. 289-306.
562. Links between air pollution and COVID-19 in England / M. Travaglio, Y. Yu, R. Popovic, L. Selley, N. Leal, L. F. M. Martins // *Environmental Pollution*. – 2021. – Vol. 268. – p. 115859.
563. Literature review of dam break studies and inundation mapping using hydraulic models and GIS / S. Kumar, A. Jaswal, A. Pandey, N. Sharma // *International Research Journal of Engineering and Technology*. – 2017. – Vol. 4. – No. 5. – pp. 55-61.
564. Long-Term Dynamics of the Concentrations of Organochlorine Compounds and Mercury in the Bottom Sediments of the Chernorechenskoe Reservoir / L. V. Malakhova, V. N. Egorov, S. B. Gulin, T. V. Malakhova, I. N. Moseichenko // *Water Resources*. – 2019. – Vol. 46, iss. 4. – P. 595-601.
565. Loss of Coastal Wetlands in Lake Burullus, Egypt: A GIS and Remote-Sensing Study / A. E. Keshta, J. C. A. Riter, K. H. Shaltout, A. H. Baldwin, M. Kearney, A. Sharaf El Din, E. M. Eid // *Sustainability*. – 2022. – Vol. 14. – No. 9. – p. 4980.
566. *Maltsev, K. A.* Potential Soil Loss from Erosion on Arable Lands in the European Part of Russia / K. A. Maltsev, O. P. Yermolaev // *Eurasian Soil Science*. – 2019. – Vol. 52. – No 12. – P. 1588-1597.
567. Managing water resources for sustainable development: the case of integrated river basin management in China / X. Song, W. Ravesteijn, B. Frostell, R. Wennersten // *Water Science and Technology*. – 2010. – Vol. 61. – No. 2. – pp. 499-506.
568. *Manlick, P. J.* Human disturbance increases trophic niche overlap in terrestrial carnivore communities / P. J. Manlick, J. N. Pauli // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2020. – Vol. 117, No. 43. – pp. 26842-26848.
569. *Manune, D.F.* Digital Elevation Model. Technologies and Applications: The DEM Users Manual / D.F. Manune. – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing: Bethesda, MD, USA, 2007.
570. Mapping CORINE Land Cover from Sentinel-1A SAR and SRTM Digital Elevation Model Data using Random Forests / H. Balzter, B. Cole, C. Thiel, C. Schmullius // *Remote Sensing*. – 2015. – Vol. 7. – No. 11. – pp. 14876-14898.
571. *Marx, L.* American Institutions and Ecological Ideals: Scientific and literary views of our expansionary life-style are converging / L. Marx // *Science*. – 1970. – Vol. 170, No. 3961. – pp. 945-952.
572. *Mayeux, H. S.* Global change and vegetation dynamics / H. S. Mayeux, H. B. Johnson, H. W. Polley // *Noxious range weeds*. – CRC Press, 2021. – P. 62-74.

573. *Mesa Mingorance, J. L.* Accuracy Assessment of Digital Elevation Models (DEMs): A Critical Review of Practices of the Past Three Decades / J. L. Mesa Mingorance, F. J. Ariza-López // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – No. 16. – p. 2630.
574. *Milanova, E.* Land use/cover change in Russia within the context of global challenges / E. Milanova // *Rom. J. Geogr.* – 2012. – V. 56 (2). – pp. 105–116..
575. *Miles, J.* *Vegetation dynamics* / J/ Miles. – Springer Science & Business Media, 2012.
576. *Mitigating the Effects of Climate Change on the Water Resources of the Columbia River Basin* / J. T. Payne, A. W. Wood, A. F. Hamlet, R. N. Palmer, D. P. Lettenmaier // *Climatic Change*. – 2004. – Vol. 62. – No. 1-3. – pp. 233-256.
577. *Model of position-dynamic structure of river basins* / E. A. Pozachenyuk, F. N. Lisetskii, A. N. Vlasova [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2015. – Vol. 6. – No 6. – P. 1776-1780.
578. *Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semiarid river basin in northeastern Brazil* / L. P. E. Silva, A. P. C. Xavier, R. M. Silva, C. A. G. Santos // *Global Ecology and Conservation*. – 2020. – Vol. 21. – p. e00811.
579. *Monitoring Vegetation Change and Its Potential Drivers in Inner Mongolia from 2000 to 2019* / Y. Kang, E. Guo, Y. Wang, Y. Bao, Y. Bao, N. Mandula // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13. – No. 17. – p. 3357.
580. *Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS* / J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering // *Third ERTS Symposium, NASA SP-351*. 1973. Vol. 1. pp. 309–317.
581. *Monitoring, analysis and spatial and temporal zoning of air pollution (carbon monoxide) using Sentinel-5 satellite data for health management in Iran, located in the Middle East* / V. Safarianzengir, B. Sobhani, M. H. Yazdani, M. Kianian // *Air Quality, Atmosphere and Health*. – 2020. – Vol. 13. – No. 6. – pp. 709-719.
582. *Morphometric analysis of river drainage basin/watershed using GIS and RS: a review* / S. S. Salvi, S. Mukhopadhyay, S. D. Ranade, A. Rajagopalan // *Int J Res Appl Sci Eng Technol*. – 2017. – Vol. 5. – pp. 503-508.
583. *Morphometric Analysis Using SRTM-DEM and GIS of Nagar River Basin, Indo-Bangladesh Barind Tract* / D. Sarkar, P. Mondal, S. Sutradhar, P. Sarkar // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 48. – No. 4. – pp. 597-614.
584. *Mujabar, P. S.* Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin of India using remote sensing and GIS / P. S. Mujabar, N. Chandrasekar // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2013. – Vol. 6. – pp. 647-664.

585. Multi-Annual Kinematics of an Active Rock Glacier Quantified from Very High-Resolution DEMs: An Application-Case in the French Alps / X. Bodin, E. Thibert, O. Sanchez, A. Rabatel, S. Jaillet // *Remote Sensing*. – 2018. – Vol. 10. – No. 4. – p. 547.
586. Multicriteria group decision-making model for environmental conflict analysis in the Cape Region, Mexico / J. Malczewski, R. Moreno-Sanchez, L. A. Bojorquez-Tapia, E. Ongay-Delhumeau // *Journal of Environmental Planning and Management*. – 1997. – Vol. 40, No. 3. – pp. 349-374..
587. Multi-Scale Flood Mapping under Climate Change Scenarios in Hexagonal Discrete Global Grids / M. Li, H. McGrath, E. Stefanakis // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2022. – Vol. 11, No. 12. – p. 627.
588. NDVI - теория и практика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>
589. NDVI: Vegetation Change Detection Using Remote Sensing and Gis – A Case Study of Vellore District / G. M. Gandhi, S. Parthiban, N. Thummalu, A. Christy // *Procedia Computer Science* – 2015. – Vol. 57. – pp. 1199-1210.
590. *Nekrich, A. S.* Environmental effects of agricultural activity on the Crimean Peninsula / A. S. Nekrich // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2022. – Vol. 1045. – No. 1. – p. 12114.
591. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak / M. R. Rujoiu Mare, I. Săvulescu, B. A. Mihai, C. Nistor, R. Dobre // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – No. 21. – p. 3575.
592. *Odum, E. P.* The Strategy of Ecosystem Development: An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature / E. P. Odum // *Science*. – 1969. – Vol. 164(3877). – pp. 262-270.
593. On the assessment of the environmental ecological state in coastal cities / N. M. Vetrova, T. A. Ivanenko, G. E. Sadykova, D. V. Sudjeva // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2020. – Vol. 913. No. 5. – p. 52035.
594. On the influence of underlying elevation data on Sentinel-5 Precursor TROPOMI satellite methane retrievals over Greenland / J. Hachmeister, O. Schneising, M. Buchwitz, A. Lorente, T. Borsdorff, J. P. Burrows, J. Notholt, M. Buschmann // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2022. – Vol. 15. – No. 13. – pp. 4063-4074.
595. *Opoku, A.* Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs) / A. Opoku // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2019. – Vol. 141. – pp. 1-7.

596. *Ouma, Y.* Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment / Y. Ouma, R. Tateishi // *Water (Switzerland)*. – 2014. – Vol. 6. – No. 6. – pp. 1515-1545.
597. *Ovsyany, E.* Hydrochemical Regime of the River Chernaya (Crimea): Environmental Aspects / E. Ovsyany, N. A. Orekhova // *Physical Oceanography*. – 2018. – Vol. 25. – No. 1. – P. 77-89..
598. Performance comparison among typical open global DEM datasets in the Fenhe River Basin of China / S. Zhao, D. Qi, R. Li, W. Cheng, C. Zhou // *European Journal of Remote Sensing*. 2021. Vol. 54. No. 1. pp. 145-157.
599. Pollution Level, Partition and Spatial Distribution of Benzo(a)pyrene in Urban Soils, Road Dust and Their PM10 Fraction of Health-Resorts (Alushta, Yalta) and Industrial (Sebastopol) Cities of Crimea / L. Bezberdaya, N. Kosheleva, O. Chernitsova, M. Lychagin, N. Kasimov // *Water (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 14. – No. 4. – p. 561.
600. Potential impacts of climate change on vegetation dynamics in Central Asia / Z. Li, Z. Li, Y. Chen, Y. Chen, W. Li, H. Deng, G. Fang, G. H. Fang // *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. – 2015. – Vol. 120, No. 24. – pp. 12345-12356
601. Potential of the TROPOspheric Monitoring Instrument (TROPOMI) onboard the Sentinel-5 Precursor for the monitoring of terrestrial chlorophyll fluorescence/ L. Guanter, I. Aben, P. Tol, J. M. Krijger, A. Hollstein, P. Khler, A. Damm, J. Joiner, C. Frankenberg, J. Landgraf // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2015. – Vol. 8. – No. 3. – pp. 1337-1352.
602. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition / F. J. Krieglner, W. A. Malila, R. F. Nalepka, W. Richardson // *Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment*. – Ann Arbor: University of Michigan, 1969. – pp. 97–131.
603. Quantifying daily NO_x and CO₂ emissions from Wuhan using satellite observations from TROPOMI and OCO-2 / Q. Zhang, K. F. Boersma, B. Zhao, H. J. Eskes, C. Cuihong, H. Zheng, X. Zhang // *Atmospheric Chemistry and Physics*. – 2023. – Vol. 23. – No. 1. – pp. 551-563.
604. Quantifying the spatial heterogeneity influences of natural and socioeconomic factors and their interactions on air pollution using the geographical detector method: A case study of the Yangtze River Economic Belt, China / L. Bai, L. Jiang, D. Y. Yang, Y. Liu // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 232. – pp. 692-704
605. *Quick, M.C.* The UBC watershed model/ M.C. Quick // *Computer Models of Watershed Hydrology*. Edited by V. Singh. – Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colo. 1999. – pp. 233–280.

606. *Raghunath, H. M.* Hydrology: principles, analysis and design / H. M. Raghunath. – New Age International, 2006.
607. Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks / J. Olivero, J. E. Fa, R. Real, A. L. Márquez, M. Á. Farfán, J. M. Vargas, D. Gaveau, M. A. Salim, D. Park, J. Suter, S. King, S. Leendertz, D. Sheil, R. Nasi // *Scientific Reports*. – 2017. – Vol. 7. – No. 1. – 14291.
608. *Regasa, M. S.* A review on land use and land cover change in Ethiopian basins / M. S. Regasa, M. Nones, D. Adeba // *Land*. – 2021. – Vol. 10, Issue 6. – pp. 585.
609. Response of net primary production to land use and land cover change in mainland China since the late 1980s / J. Li, Z. Wang, C. Lai, X. Wu, Z. Zeng, X. Chen, Y. Lian // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol. 639. – pp. 237-247
610. Review of Local and Global Impacts of Volcanic Eruptions and Disaster Management Practices: The Indonesian Example / M.N. Malawani, F. Lavigne, C. Gomez, B.W. Mutaqin, D.S. Hadmoko // *Geosciences*. – 2021. – Vol. 11. – p. 109.
611. *Richardson, A. J.* Using spectral vegetation indices to estimate rangeland productivity / A. J. Richardson, J. H. Everitt // *Geocarto International*. – 1992. – Vol. 1. – pp. 63–69.
612. *Rohde, R. A.* Air Pollution in China: Mapping of Concentrations and Sources / R. A. Rohde, R. A. Muller // *PLoS ONE*. – 2015. – Vol. 10. – No. 8. – p. e0135749.
613. *Romero-Alvarez, D.* Vegetation loss and the 2016 Oropouche fever outbreak in Peru / D. Romero-Alvarez, L. E. Escobar // *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. – 2017. – Vol. 112. – No. 4. – pp. 292-298.
614. *Saikia, A.* NDVI Variability in North East India / A. Saikia // *Scottish Geographical Journal*. – 2009. – Vol. 125. – No. 2. – pp. 195-213.
615. *Santillan, J.R.* Vertical accuracy assessment of 30-m resolution ALOS, ASTER and SRTM global DEMS over Northeastern Mindanao, Philippines / J.R. Santillan, M. Makinano-Santillan // *XXIII ISPRS Congress. Comission IV. International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2016. – V. 41. – Iss. B4. – P. 149–156. – DOI: 10.5194/isprsarchivesXLI-B4-149-2016.
616. Seasonal Spatiotemporal Changes in the NDVI and Its Driving Forces in Wuliangsu Lake Basin, Northern China from 1990 to 2020 / C. Li, X. Jia, R. Zhu, X. Mei, D. Wang, X. Zhang // *Remote Sensing*. – 2023. – Vol. 15, No. 12. – p. 2965
617. Sharing the floodplain: Mediated modeling for environmental management / S. S. Metcalf, E. Wheeler, T. K. BenDor, K. S. Lubinski, B. M. Hannon // *Environmental Modelling & Software*. – 2010. – Vol. 25(11). – pp. 1282-1290.

618. *Shekar, P. R.* Flood susceptibility mapping of the Peddavagu River Basin using GIS-AHP techniques / P. R. Shekar, A. Mathew // *Concepts and Applications in Environmental Geochemistry*. – 2023. – pp. 125-141.
619. *Shellito B.* Introduction to Geospatial Technologies / B. Shellito. W.H. Freeman and Company, 2012. 522 p.
620. *Shreve, R. L.* Statistical Law of Stream Numbers / R. L. Shreve // *The Journal of Geology*. – 1966. – Vol. 74(1). – pp. 17–37.
621. *Shreve, R.L.* Infinite Topologically Random Channel Networks / R. L. Shreve // *J. Geol.* – 1967. – Vol. 75. – pp. 178–186.
622. *Sims, K.* LandScan Global 2021 [Data set]. Oak Ridge National Laboratory / Sims, K., Reith A., Bright E., McKee J., Rose A. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.48690/1527702>
623. Social Inequalities in Exposure to Ambient Air Pollution: A Systematic Review in the WHO European Region / J. Fairburn, S. A. Schle, S. Dreger, L. K. Hilz, G. Bolte // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Vol. 16. – No. 17. – p. 3127.
624. Socio-Ecological Niche and Factors Affecting Agroforestry Practice Adoption in Different Agroecologies of Southern Tigray, Ethiopia / B. M. Gebru, S. W. Wang, S. J. Kim, W. K. Lee // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 11. – No. 13. – p. 3729.
625. Spatial monitoring and zoning water quality of Sistan River in the wet and dry years using GIS and geostatistics / A. Mir, J. Piri, O. Kisi // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2017. – Vol. 135. – pp. 38-50.
626. Spatial Pattern and Dynamic Change of Vegetation Greenness From 2001 to 2020 in Tibet, China / F. Jiang, M. Deng, Y. Long, H. Sun // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – Article 892625.
627. Spatial Variation of NO₂ and Its Impact Factors in China: An Application of Sentinel-5P Products / Z. Zheng, Z. Yang, Z. Wu, F. Marinello // *Remote Sensing*. – 2019. – Vol. 11. No. 16. – p. 1939.
628. Spatiotemporal aspects of interannual changes precipitation in the Crimea / R. Gorbunov, T. Gorbunova, N. Kononova, A. Priymak, A. Salnikov, A. Drygval, Y. Lebedev // *Journal of Arid Environments*. – 2020. – Vol. 183. – p. 104280.
629. Spatio-Temporal Changes of Vegetation Cover and Its Influencing Factors in Northeast China from 2000 to 2021 / M. Li, Q. Yan, G. Li, M. Yi, J. Li // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14, No. 22. – p. 5720

630. Spatiotemporal Patterns in Data Availability of the Sentinel-5P NO₂ Product over Urban Areas in Norway / P. Schneider, P. D. Hamer, A. Kylling, S. Shetty, K. Stebel // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13. – No. 11. – p. 2095.
631. Spatio-temporal Patterns of Land Use/Land Cover Change in the Heterogeneous Coastal Region of Bangladesh between 1990 and 2017 / A. Y. M. Abdullah, A. Masrur, M. S. G. Adnan, M. A. A. Baky, Q. K. Hassan, A. Dewan // *Remote Sensing*. – 2019. – Vol. 11. – No. 7. – p. 790.
632. Spatiotemporal Variation of NDVI in Anhui Province from 2001 to 2019 and Its Response to Climatic Factors / W. Han, D. Chen, L. Hu, C. Zhu, J. Chen, L. Ye, S. Liu, Z. Wang // *Forests*. – 2022. – Vol. 13. – No. 10. – p. 1643.
633. *Steinke, V. A.* Proposal for a Geobiodiversity Index Applied to the Morphoclimatic Domain of Cerrado—Brazil / V. A. Steinke // *Geoheritage*. – 2021. – Vol. 13. – No. 3. – p. 59.
634. *Strahler, A. N.* Quantitative analysis of watershed geomorphology / A. N. Strahler // *Transactions, American Geophysical Union*. – 1957. – Vol. 38(6). – p. 913.
635. Study on the variation of NDVI, SAVI and EVI indices in Punjab State, India / N. Shibani, A. Pandey, V. Krishan Satyam, J. Singh Bhari, B. Ahmed Karimi, S. K. Gupta // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2023. – Vol. 1110. – No. 1. – p. 12070.
636. Sulfur dioxide retrievals from TROPOMI onboard Sentinel-5 Precursor: algorithm theoretical basis / N. Theys, I. De Smedt, H. Yu, T. Danckaert, J. Van Gent, C. Hörmann, T. Wagner, P. Hedelt, H. Bauer, F. Romahn, M. Pedernana, D. Loyola, M. Van Roozendaal // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2017. – Vol. 10. – No. 1. – pp. 119-153.
637. *Tabunschik, V.* Unveiling Air Pollution in Crimean Mountain Rivers: Analysis of Sentinel-5 Satellite Images Using Google Earth Engine (GEE) / V. Tabunschik, R. Gorbunov, T. Gorbunova // *Remote Sensing*. – 2023. – Vol. 15. – No. 13. – p. 3364.
638. *Tabunshchik, V.* Anthropogenic Transformation of the River Basins of the Northwestern Slope of the Crimean Mountains (The Crimean Peninsula) / V. Tabunshchik, R. Gorbunov, T. Gorbunova // *Land*. – 2022. – Vol. 11. – No. 12. – p. 2121.
639. *Tabunshchyk, V. A.* Emissions from stationary pollution sources in the Republic of Crimea in 2013-2018 / V. A. Tabunshchyk, I. V. Kalinchyk, V. O. Zhuk // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – Vol. 1515. – No. 3. – p. 032040.
640. *Tainio, M.* Air pollution, physical activity and health: A mapping review of the evidence / M. Tainio, Z. Andersen, M. Nieuwenhuijsen, H. Liang, A. de Nazelle, R. An, L. Garcia, S. Goenka, B. Zapata Diomedi, F. C. Bull, T. H. Sa // *Environmental International*. – 2021. – Vol. 147. – p. 105954.
641. *Taylor, G. E.* Air Pollution and Forest Ecosystems: A Regional to Global Perspective / G. E. Taylor, D. L. Johnson, C. Andersen // *Ecological Applications*. – 1994. – Vol. 4. – No. 4. – pp. 662-689.

642. Implementing integrated river basin management in China / D. Te Boekhorst, T. Smits, Y. Xiubo, L. Lifeng, L. Gang, Z. Chen // *Ecology and Society*. – 2010. – Vol. 15(2). – p. 99-119.
643. *Teclaff, L. A.* The river basin in history and law / L.A. Teclaff. – Springer Science & Business Media, 1967.
644. Temporal and Spatial Change in Vegetation and Its Interaction with Climate Change in Argentina from 1982 to 2015 / Q. Long, F. Wang, W. Ge, F. Jiao, J. Han, H. Chen, F.A. Roig, E.M. Abraham, M. Xie, L. Cai // *Remote Sens.* – 2023. – Vol. 15. – P. 1926.
645. The 2018 version of the Global Earthquake Model: Hazard component / M. Pagani, J. Garcia Pelaez, R. Gee, K. Johnson, V. Poggi, V. Silva, M. Simionato, R. H. Styron, D. Viganò, L. Danciu, D. Monelli, G. Weatherill // *Earthquake Spectra*. 2020. Vol. 36. No. 1_suppl. pp. 226-251.
646. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths / E. F. Lambin, B. J. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. N. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. Moran, M. Mortimore, P. Ramakrishnan, J. Richards, H. Skånes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. Veldkamp, C. Vogel, J. Xu // *Global Environmental Change*. – 2001. – Vol. 11. – No. 4. – pp. 261-269.
647. The decision support system GMCR in environmental conflict management / K. W. Hipel, D. M. Kilgour, L. Fang, X. J. Peng // *Applied Mathematics and Computation*. – 1997. – Vol. 83. – No. 2-3. – p. 117-152.
648. The GSHAP Global Seismic Hazard Map / K. M. Shedlock, D. Giardini, G. Grunthal, P. Zhang // *Seismological Research Letters*. – 2000. – Vol. 71. – No. 6. – pp. 679-686.
649. The Hypanis Valles delta: The last highstand of a sea on early Mars? / P. Fawdon, S. R. Gupta, J. Davis, N. H. Warner, J. B. Adler, M. R. Balme, J. G. Bell, P. Grindrod, E. Sefton-Nash // *Earth and Planetary Science Letters*. – 2018. – Vol. 500. – pp. 225-241.
650. The impact of (DEM) Accuracy on the Watersheds areas as a function of spatial data / A. Q. Mutar, M. T. Mustafa, M. A. Hameed // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*. – 2021. – T. 9. – №. 4. – C. 1118-1130.
651. The LUC Approach to Creating a Continental-Scale Land-Cover Database for Russia / G. Fischer, V. Stolbovoi, I.Y. Savin, V. Roshkov // *IIASA Working Paper*. – Laxenburg, Austria, 1995. – WP-95-129.
652. The operational cloud retrieval algorithms from TROPOMI on board Sentinel-5 Precursor / D. Loyola, S. Garcia, R. Lutz, A. Argyrouli, F. Romahn, R. J. Spurr, M. Pedernana, A. Doicu, V. Molina García, O. Schüssler // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2018. – Vol. 11. – No. 1. – pp. 409-427.

653. The role of fire disturbance for global vegetation dynamics: coupling fire into a Dynamic Global Vegetation Model / K. Thonicke, S. Venevsky, S. Sitch, W. Cramer // *Global Ecology and Biogeography*. – 2001. – Vol. 10. – No. 6. – pp. 661-677. – DOI: 10.1046/j.1466-822X.2001.00175.x
654. The transport sector as a source of air pollution / R. Colvile, E. J. Hutchinson, J. S. Mindell, R. Warren // *Atmospheric Environment*. – 2001. – Vol. 35. – No. 9. – pp. 1537-1565.
655. The TROPOSIF global sun-induced fluorescence dataset from the Sentinel-5P TROPOMI mission / L. Guanter, C. Bacour, A. Schneider, I. Aben, T. van Kempen, F. Maignan, C. Retscher, P. Khler, C. Frankenberg, J. Joiner, Y. Zhang // *Earth System Science Data*. – 2021. – Vol. 13. – No. 11. – pp. 5423-5440.
656. The United States' Next Generation of Atmospheric Composition and Coastal Ecosystem Measurements: NASA's Geostationary Coastal and Air Pollution Events (GEO-CAPE) Mission / J. Fishman, L. T. Iraci, J. Al-Saadi, K. Chance, F. Chavez, M. Chin, P. Coble, C. Davis, P. M. DiGiacomo, D. Edwards, A. Eldering, J. Goes, J. Herman, C. Hu, D. J. Jacob, C. Jordan, S. R. Kawa, R. Key, X. Liu, S. Lohrenz, A. Mannino, V. Natraj, D. Neil, J. Neu, M. Newchurch, K. Pickering, J. Salisbury, H. Sosik, A. Subramaniam, M. Tzortziou, J. Wang, M. Wang // *Bulletin of the American Meteorological Society*. – 2012. – Vol. 93. – No. 10. – pp. 1547-1566.
657. *Thomas, J.* Comparison of basin morphometry derived from topographic maps, ASTER and SRTM DEMs: an example from Kerala, India / J. Thomas, V. Prasannakumar // *Geocarto International*. – 2014. – Vol. 30. – No. 3. – pp. 346-364. – DOI: 10.1080/10106049.2014.955063
658. *Timchenko, Z. V.* The characteristics of the Dzhankoy Region Rivers and Dzhankoy Town Okrug of the Republic of the Crimea / Z. V. Timchenko, V. Tabunshchik, M. G. Zelentsova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – Vol. 548. – No. 5. – p. 052038.
659. TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GMES mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications / J. P. Veefkind, I. Aben, K. McMullan, H. Förster, J. De Vries, G. Otter, J. Claas, H. J. Eskes, J. de Haan, Q. Kleipool, M. van Weele, O. Hasekamp, R. Hoogeveen, J. Landgraf, R. Snel, P. Tol, P. Ingmann, R. Voors, B. Kruijzinga, R. Vink, H. Visser, P. F. Levelt // *Remote Sensing of Environment*. – 2012. – Vol. 120. – pp. 70-83.
660. TROPOMI–Sentinel-5 Precursor formaldehyde validation using an extensive network of ground-based Fourier-transform infrared stations / C. Vigouroux, B. Langerock, C. A. Bauer Aquino, T. Blumenstock, Z. Cheng, M. De Mazière, I. De Smedt, M. Grutter, J. W. Hannigan, N. R. Jones, R. Kivi, D. Loyola, E. Lutsch, E. Mahieu, M. Makarova, J. Metzger, I. Morino, I. Murata, T. Nagahama, J. Notholt, I. Ortega, M. Palm, G. Pinardi, A. N. Röhlings, D. A. Smale, W. Stremme, K. T. Strong, R. Sussmann, Y. Té, M. Van Roozendaal, W. Pucari, H. Winkler // *Atmospheric Measurement Techniques*. – 2020. – Vol. 13. No. 7. – pp. 3751-3767.

661. *Tur, A. V.* On Optimal Control of Pollution Emissions: An Example of the Largest Industrial Enterprises of Irkutsk Oblast / A. V. Tur, E. V. Gromova // Automation and Remote Control. – 2020. – Vol. 81. – No. 3. – pp. 548-565. – DOI: 10.1134/S000511792003011X.
662. *Twine, T. E.* Effects of Land Cover Change on the Energy and Water Balance of the Mississippi River Basin / T. E. Twine, C. J. Kucharik, J. A. Foley // Journal of Hydrometeorology. – 2004. – Vol. 5. – No. 4. – pp. 640-655.
663. UAV-DEMs for Small-Scale Flood Hazard Mapping / A. Annis, F. Nardi, A. Petroselli, C. Apollonio, E. Arcangeletti, F. Tauro, C. Belli, R. Bianconi, S. Grimaldi // Water (Switzerland). – 2020. – Vol. 12. – No. 6. – p. 1717.
664. Unexpected long-range transport of glyoxal and formaldehyde observed from the Copernicus Sentinel-5 Precursor satellite during the 2018 Canadian wildfires / L. M. A. Alvarado, A. Richter, M. Vrekoussis, A. Hilboll, A. B. Kalisz Hedegaard, O. Schneising, J. P. Burrows // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2020. – Vol. 20. – No. 4. – pp. 2057-2072.
665. Unified Scaling Law for Earthquakes as Applied to Assessment of Seismic Hazard and Associate Risks / A. K. Nekrasova, V. G. Kossobokov, I. A. Parvez, X. Tao // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. – 2020. – Vol. 56. – No. 1. – pp. 83-94.
666. Unified seismic hazard modelling throughout the Mediterranean region / M. J. Jimenez et al. // Bollettino di geofisica teorica ed applicata. – 2001. – Vol. 42. – №. 1-2. – pp. 3-18.
667. United Nations Resolution adopted by the General Assembly on 6 July 2017, Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/71/313). 2017.
668. *Uysal, M.* DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill / M. Uysal, A. S. Toprak, N. Polat // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation. – 2015. – Vol. 73. – pp. 539-543.
669. *Vadrevu, K. P.* Land cover, land use changes and air pollution in Asia: a synthesis / K. P. Vadrevu, T. Ohara, C. Justice // Environmental Research Letters. – 2017. – Vol. 12. – No. 12. – p. 120201.
670. Validation of methane and carbon monoxide from Sentinel-5 Precursor using TCCON and NDACC-IRWG stations / M. K. Sha et al. // Atmospheric Measurement Techniques. – 2021. – Vol. 14. – No. 9. – pp. 6249-6304.
671. *Vanham, D.* The water footprint of agricultural products in European river basins / D. Vanham, G. Bidoglio // Environmental Research Letters. – 2014. – Vol. 9. No. 6. – p. 64007..
672. *Varenik, A.* Contribution of Atmospheric Depositions to Inventory of Nutrients in the Coastal Waters of Crimea / A. Varenik, S. Konovalov // Applied Sciences (Switzerland). 2023. Vol. 13. No. 5. p. 3178.. <https://doi.org/10.3390/app13053178>

673. *Varenik, A.* The Characteristics of PM_{2.5} and PM₁₀ and Elemental Carbon Air Pollution in Sevastopol, Crimean Peninsula / A. Varenik // *Applied Sciences (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 12. No. 15. – p. 7758.
674. *Varenik, A.V.* Comparative analysis of biogenic elements in atmospherical condensation of Black sea Crimean coast and Rostov-on-Don in spring-summer period of 2016 / A.V. Varenik, T.B. Filatova, A.V. Kleschenkov // *Science Almanac of Black Sea Region Countries*. – 2017. – No. 3(11). – P. 56-63.
675. Vegetation dynamics and responses to climate change and human activities in Central Asia / J. Liangliang, Guli·jiapaer, A. Bao, H. Guo, F. Ndayisaba // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 599-600. – pp. 967-980.
676. *Verrall, B.* Alpine vegetation in the context of climate change: A global review of past research and future directions / B. Verrall, C. M. Pickering // *Science of the Total Environment*. – 2020. – Vol. 748. – p. 141344.
677. Vertical Accuracy of Freely Available Global Digital Elevation Models (ASTER, AW3D30, MERIT, TanDEM-X, SRTM, and NASADEM) / E. Uuemaa, S. Ahi, B. Montibeller, M. Muru, A. Kmoch // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – No. 21. – p. 3482.
678. *Vlasova, A. N.* The management of river basins and the Black Sea coastal zone by landscape planning instruments (The Crimea, the Voron river basin as an example) / A. N. Vlasova // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2012. – Vol. 12. – №. 5. – C. 535-537.
679. *Wang, X.* A Review on Applications of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) in Water Resources and Flood Risk Management / X. Wang, H. X. Xie // *Water (Switzerland)*. – 2018. – Vol. 10. No. 5. – p. 608.
680. *Wang, Y.* The Dominant Driving Force of Forest Change in the Yangtze River Basin, China: Climate Variation or Anthropogenic Activities? / Y. Wang, Z. Zhang, X. Chen // *Forests*. – 2022. – Vol. 13. No. 1. – p. 82.
681. *Ward, A. D.* Environmental hydrology / A. D. Ward, S. W. Trimble. – Crc Press, 2003.
682. *Waseem, S.* Loss of vegetative cover and increased land surface temperature: A case study of Islamabad, Pakistan / S. Waseem, U. Khayyam // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 234. – pp. 972-983.
683. Water balance responses to land-use/land-cover changes in the Pra River Basin of Ghana, 1986–2025 / A. Awotwi, G. Anornu, J. A. Quaye-Ballard, T. Annor, E. K. Forkuo, E. Harris, J. Agyekum, J. L. Terlabie // *Catena*. – 2019. – Vol. 182. – p. 104129.
684. Water shortage and water management balance in the Republic of Crimea: current values and forecast for 2030 / V. A. Tabunshchik, I. V. Kalinchuk, M. V. Galkina, A. N. Vlasova, A. A.

Nikiforova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 839. – No. 3. – p. 032026.

685. *Wengert, N.* The River Basin Concept as seen from a Management Perspective in USA / N. Wengert // The GeoJournal Library. – 1985. – pp. 299-305.

686. *Westmacott, J. R.* Climate change effects on the hydrologic regime within the Churchill-Nelson River Basin / J. R. Westmacott, D. H. Burn // Journal of Hydrology. – 1997. – Vol. 202. No. 1-4. – pp. 263-279.

687. *White, G. F.* Contributions of geographical analysis to river basin development / G. F. White // The geographical journal. – 1963. – Vol. 129. – №. 4. – C. 412-432.

688. *White, Jr L.* The historical roots of our ecologic crisis / Jr L. White // Science. – 1967. – Vol. 155 (3767). – pp. 1203-1207.

689. *Wilson, J.P.* Terrain Analysis Principles and Applications / J.P. Wilson, J.C. Gallant. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2000. – 479 p.

690. *Yang, C.* Introduction to GIS programming and fundamentals with Python and ArcGIS / C. Yang. – CRC Press, 2017.

691. *Yermolaev, O.* River runoff modeling in the European territory of Russia / O. Yermolaev, S. Mukharamova, E. Vedeneeva // Catena. – 2021. – Vol. 203. – P. 105327.

692. *Yurova, A. Yu.* Coupled simulation of climate and vegetation dynamics / A. Yu. Yurova // Izvestiya - Atmospheric and Oceanic Physics. 2011. Vol. 47. No. 5. pp. 531-539.

693. *Zhang, X.* Effect of natural and anthropic factors on the spatiotemporal pattern of haze pollution control of China / X. Zhang, L. Chen, R. Yuan // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 251. p. 119531. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119531>

694. *Zhang, X.* Predicting Hydrologic Response to Climate Change in the Luohe River Basin Using the SWAT Model / X. Zhang, S. Ramasamy, F. Hao // Transactions of the ASABE. 2007. Vol. 50. No. 3. pp. 901-910.

Ландшафты бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, по В.Г. Ена [Ена, 1961]

Крымская горная страна

Крымское высокогорье (Главная Крымская гряда)

1. Балаклавский низкогорный лесокустарниковый ландшафт
2. Байдарский горнокотловинный дубово-лесной ландшафт
3. Байдаро-Айпетринский карстовый, лесо-луговой ландшафт яйл
4. Бабуган-Ялтинский карстовый, лесо-луговой ландшафт яйл
5. Чатырдагский карстовый, лесо-луговой ландшафт яйл
11. Северо-западный склоновый подъяйлинский, лесной ландшафт
12. Соколинский нижегорный, дубово-лесной ландшафт

Южный берег Крыма

15. Юго-западный крутосклонный подъяйлинский сосново-лесной ландшафт
17. Айя-Ласпинский котловинно-амфитеатрообразный, лесной ландшафт
18. Сарыч-Кекенеизский крутосклонный оползнево-террасовый, лесной ландшафт

Крымское предгорье (Внутренняя и Внешняя куэстовые гряды, южное и северное продольные понижения)

28. Чернореченско-Альминский низкогорный лесной ландшафт
31. Бахчисарайский внутреннекуэстовый, лесной ландшафт
33. Бельбек-Булганакский междукуэстовый продольно-долинный, лесостепной ландшафт
34. Гераклеийский куэстовый, ксерофитно-фриганный ландшафт
35. Западный внешнекуэстовый лесостепной ландшафт
37. Предгорный каменисто-степной ландшафт

Страна Русская равнина

Северо-Крымский равнинный край

42. Сасык-Альминский равнинно-балочный, ковыльно-степной ландшафт

Ландшафты бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, по Г.Е. Гришанкову [Современные ландшафты..., 2009]

ЛЕГЕНДА К ЛАНДШАФТНОЙ КАРТЕ КРЫМА

Гидроморфный ландшафтный уровень

Зона низменных недренированных и слабодренированных аккумулятивных и денудационных равнин с типчаково-ковыльковыми, полынно-типчаковыми, полынно-житняковыми степями в комплексе с галофитными лугами и степями

Пояс прибрежных недренированных низменностей, пляжей и кос с галофитными лугами, солончаками и сообществами псаммофитов

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

5 - Ингрессионно-бухтовый на денудационных равнинах, галофитных лугов в комплексе с фриганоидами

Пояс аккумулятивных и денудационных слабодренированных равнин с ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

16 - Приморские галечниковые террасы с ковыльно-типчаковыми, ковыльно-разнотравными и полынно-житняковыми степями

Низкогорный ландшафтный уровень

Зона предгорных аккумулятивных, останцово-денудационных и структурных денудационных равнин и куэстовых возвышенностей с разнотравными степями, кустарниковыми зарослями, лесостепью и низкорослыми дубовыми лесами

Пояс бородачево-разнотравных и асфоделиново-разнотравных степей на аккумулятивных и денудационных равнинах

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

39 - Денудационно-останцовые и аккумулятивные равнины с ковыльно-типчаковыми степями

41 - Долинно-террасовый с лугами, луговыми степями, лесостепью

Пояс лесостепи на останцово-денудационных, структурных денудационных и аккумулятивных равнинах, куэстовых возвышенностях

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

43 - Высокие структурные денудационные равнины с лесостепью и зарослями типа «дубки»

44 - Структурно-денудационные равнины с колючими кустарниковыми зарослями типа «шибляк», можжевельниковыми лесами и фриганоидно-разнотравными степями

45 - Денудационно-останцовые равнины с разнотравными степями, зарослями типа «дубки» и колючекустарниковыми зарослями типа «шибляк»

46 - Мелкогорно-куэстовые возвышенности с зарослями типа «дубки» и разнотравными степями

48 - Галечниковые равнины с дубовыми лесами, кустарниковыми зарослями типа «дубки» и участками разнотравных степей

49 - Низкогорно-куэстовые возвышенности с дубовыми лесами, зарослями типа «дубки» и разнотравными степями

50 - Денудационно-останцовые овражно-балочные равнины с дубовыми лесами, кустарниковыми зарослями типа «дубки» и участками фриганоидных и разнотравно-луговых степей с колючекустарниковыми зарослями типа «шибляк»

51 - Долинно-террасовый с тополево-ивовыми и дубовыми лесами

Пояс дубовых лесов и кустарниковых зарослей на останцово-денудационных и наклонных структурных денудационных равнинах и куэстовых возвышенностях

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

52 - Низкогорно-куэстовые возвышенности с дубовыми лесами и зарослями типа «дубки»

53 - Наклонные структурные денудационные равнины с дубовыми лесами

54 - Низкогорные куэстовые сильно расчлененные возвышенности с дубовыми лесами

55 - Денудационно-останцовые овражно-балочные равнины с дубовыми лесами и зарослями типа «дубки»

56 - Долинно-террасовый с тополево-ивовыми и смешанными широколиственными лесами

Среднегорный ландшафтный уровень

Зона северного макросклона гор, буковых, дубовых и смешанных широколиственных лесов

Пояс котловин и эрозионного низкогорья, дубовых, смешанных широколиственных и сосновых лесов

Группа местностей (окоемы)

57 - Эрозионное мелкогорье с можжевельново-дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями

58 - Эрозионное массивное низкогорье с можжевельново-дубовыми и дубовыми лесами

59 - Эрозионное овражно-балочное низкогорье с дубовыми и смешанными широколиственными лесами

60 - Останцово-денудационные и аккумулятивные равнины межгорных котловин с дубовыми лесами, лесокустарниковыми зарослями и злаково-разнотравными лугами

61 - Эрозионное долинно-балочное низкогорье с дубовыми лесами и лесокустарниковыми зарослями

62 - Эрозионное овражно-балочное низкогорье с дубовыми лесами и лесокустарниковыми зарослями

66 - Долинно-террасовый с тополево-ивовыми, черноольховыми и смешанными широколиственными лесами

Пояс среднегорно-склоновый, дубовых, можжевельново-дубовых и смешанных широколиственных лесов

Группа местностей (окоемы)

67 - Среднегорно-склоновый, расчлененный балками с дубовыми и можжевельново-сосновыми лесами

68 - Среднегорно-склоновый, расчлененный балками с дубовыми и смешанными широколиственными лесами

69 - Среднегорно-склоновый, расчлененный долинами и балками со смешанными широколиственными и сосновыми лесами

70 - Среднегорно-склоновый, расчлененный долинами и балками с буково-грабовыми, дубовыми и смешанными широколиственными лесами

72 - Горно-долинный с тополево-ивовыми, черноольховыми и смешанными широколиственными лесами

Пояс среднегорно-склоновый, буковых, буково-грабовых, смешанных широколиственных лесов

Группа местностей (окоемы)

73 - Массивное среднегорье с грабово-буковыми и смешанными широколиственными лесами на склонах и лугово-парковой растительностью на плоских вершинах

74 - Среднегорно-склоновый слаборасчлененный с буковыми, смешанными широколиственными и сосновыми лесами

76 - Горно-долинный с буковыми и смешанными широколиственными лесами

Зона яйлинских плато, горных лугов и горной лесостепи

Пояс лесных и лугово-лесостепных плато

Группа местностей (окоемы)

77 - Структурные наклонные сильно расчлененные плато с горнолуговой растительностью

78 - Денудационные сильно расчлененные плато с широким развитием карстовых форм с горно-луговой лесостепью

79 - Денудационные слабоволнистые плато с широким развитием карстовых форм с горно-луговой лесостепью

81 - Денудационные волнистые плато с горно-луговыми степями

Пояс луговых и лугово-лесных плато

Группа местностей (окоемы)

82 - Останцово-денудационные расчлененные плато с горными лугами и грабово-буковыми лесами

83 - Волнистые расчлененные плато с горными лугами

84 - Пологие седловины с горными лугами и участками грабовобуковых лесов

85 - Останцово-денудационные расчлененные плато с горными лугами

Зона южного макросклона гор, дубовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов

Пояс среднегорно-склоновый, дубовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

92 - Среднегорный ступенчато-склоновый с выходами коренных пород в виде скал, с дубовыми, грабово-дубовыми лесами и лесокустарниковыми зарослями

Среднегорный пояс буковых и смешанных широколиственных лесов

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

99 - Среднегорный ступенчато-склоновый, с выходами коренных пород в виде скал, с сосновыми и грабово-буковыми лесами

100 - Среднегорный ступенчато-склоновый, с выходами коренных пород в виде скал, с буковыми, грабово-буковыми и сосновыми лесами

101 - Среднегорный ступенчато-склоновый, с буковыми и смешанными широколиственными лесами

НИЗКОГОРНЫЙ ЛАНДШАФТНЫЙ УРОВЕНЬ

Зона южного макросклона гор, полусубтропических дубовых, фисташково-дубовых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых зарослей

Низкогорный пояс дубово-фисташковых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых зарослей

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

105 - Ступенчато-склоновое эрозионное овражно-балочное низкогорье с широким развитием оползней, с фисташково-дубовыми и сосновоможжевеловыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами

Низкогорный пояс сосновых, дубовых и смешанных широколиственных лесов и шибляковых зарослей

ГРУППА МЕСТНОСТЕЙ (ОКОЕМЫ)

116 - Эрозионное, овражно-балочное, ступенчато-склоновое низкогорье с дубовыми лесами и шибляковыми зарослями