

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Астраханский государственный университет»

На правах рукописи

Занозин Виктор Валерьевич

**СТРУКТУРА И СОВРЕМЕННОЕ АНТРОПОГЕННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ
ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА**

Специальность 25.00.23 - Физическая география и биогеография, география почв
и геохимия ландшафтов

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук, профессор
Бармин Александр Николаевич

Астрахань – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ГРАНИЦЫ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА	11
1.1. Ретроспективный анализ выделения границ центрального района ландшафта дельты реки Волга	11
1.2. Современное представление границ центрального района ландшафта дельты реки Волга	15
1.3. Геолого-геоморфологическая характеристика.....	21
1.4. Климатические особенности	22
1.5. Водные объекты	24
1.6. Почвенный покров	25
1.7. Общие сведения о растительности	27
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	29
2.1. Анализ фондовых данных и полевые комплексные исследования в целях выявления коренных (восстановленных) ПТК	29
2.2. Сводка используемых данных дистанционного зондирования Земли для выявления особенностей первичных (восстановленных) ПТК и их антропогенной трансформации	31
2.2.1. Обработка данных дистанционного зондирования Земли.....	34
2.3. Особенности моделирования ПТК в целях создания ландшафтных картосхем	40
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ.....	46
3.1. Генезис, морфология и пространственное размещение основных групп урочищ центрального района ландшафта дельты Волги	46
3.1.1. Группа култучноравнинных урочищ	46
3.1.2. Группа русловых урочищ.....	57
3.1.3. Группа бугровых урочищ	67
3.1.4. Группа урочищ, сформировавшихся на основе морских островов	75
3.2. Оценка ландшафтного разнообразия центрального района ландшафта дельты реки Волга в морфологическом аспекте	83

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ.....	96
4.1. Обзор подходов к содержанию понятия «антропогенный ландшафт»	96
4.2. Анализ методик оценки антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов	98
4.2.1. Опыт русскоязычных исследователей	98
4.2.2. Опыт зарубежных исследователей	101
4.3. Историко-географические особенности хозяйственного освоения центрального района ландшафта дельты реки Волга.....	113
4.4. Анализ пространственно-площадного распределения факторов антропогенного преобразования урочищ центрального района ландшафта дельты Волги.....	122
4.5. Особенности определения антропогенного преобразования ПТК центрального района ландшафта дельты Волги	143
ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА.....	158
5.1. Правило долгосрочности: оптимальное регулирование водного стока	159
5.2. Правило природно-хозяйственной адаптивности и необходимого разнообразия природно-хозяйственных геосистем	160
5.3. Применение правила минимизации воздействий на мало нарушенные элементы ландшафта в условиях центрального района ландшафта дельты Волги	162
5.4. Правило уникальности.....	165
5.5. Картосхемы ландшафтно-экологического каркаса	168
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	176
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В дельте Волги в ходе естественно-исторического развития, во многом обусловленным сложным взаимодействием речных вод и меняющего свой уровень Каспийского моря, сформировался уникальный интразональный ландшафт, центральный район которого осложнен зональными природно-территориальными комплексами (ПТК) в ранге урочищ. Именно он был и остаётся подверженный сильному антропогенному воздействию, вследствие чего происходит существенное преобразование коренных природных комплексов. Последние комплексные физико-географические исследования дельты Волги проводились в середине прошлого столетия. В последующие десятилетия основное внимание научных работ концентрировалось на изучении природных компонентов и процессов, происходящих в данном регионе. В настоящее время остро ощущается дефицит работ, посвящённых особенностям хозяйственного освоения геосистем и их последствиям в центральном районе ландшафта дельты Волги, что делает актуальным проведение таких исследований.

Стратегия социально-экономического развития Астраханской области на период до 2035 года определяет как одним из приоритетных направлений дальнейшее развитие агропромышленного комплекса в регионе (Стратегия..., 2020). Для этого будут использованы, как и в настоящее время, наиболее подходящие ландшафты, в том числе и дельта Волги. Это актуализирует проведение исследований естественных особенностей геосистем исследуемого района, в том числе их пространственного размещения, а также степени их антропогенных изменений.

Появление новых методик цифрового анализа с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий в комплексе с традиционными методами получения географической информации придает дополнительную актуальность проведению в дельте Волги комплексных физико-географических исследований, базирующихся на теоретико-методологической основе и практической направленности ландшафтоведения. Это позволит глубже понять причинно-следственные связи происходящих природных

процессов, на более высоком уровне подходить к решению вопросов прогнозного характера и в конечном итоге поможет создать физико-географический фреймворк для принятия эффективных решений вопросов экономической и экологической безопасности, устойчивого развития региона.

Объектом исследования является центральный район ландшафта дельты реки Волга.

Предмет исследования – особенности морфологической структуры центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Основная **цель** работы – определение степени антропогенного преобразования природных территориальных комплексов ранга урочищ, входящих в состав центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Проанализировать существующие схемы природного районирования дельты Волги и уточнить границы центрального района ландшафта дельты реки Волга.
2. Выявить и картографировать основные группы урочищ центрального района ландшафта дельты Волги с последующим математико-картографическим моделированием ландшафтного разнообразия исследуемого региона.
3. Проанализировать существующие методики выявления степени антропогенной трансформации природных территориальных комплексов и диагностировать степень антропогенной преобразованности ПТК центрального района ландшафта дельты Волги с применением авторского алгоритма на основе ГИС-анализа.
4. Разработать рекомендации по рациональному использованию геосистем центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Уточнены границы центрального района ландшафта дельты реки Волга.
2. Впервые приведена авторская картосхема пространственного размещения ПТК исследуемого региона и комплексно описаны природные

территориальные комплексы центрального района ландшафта дельты Волги ранга урочище.

3. Впервые с применением математико-картографического моделирования было проанализировано ландшафтное разнообразие исследуемого региона с последующей разработкой оригинальных картосхем.

4. На основе авторской методики, разработанной с учётом интеграции отечественных и зарубежных подходов, определена степень антропогенной трансформации геосистем центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В пределах уточнённых границ центрального района ландшафта дельты Волги выделяется четыре группы ПТК ранга «урочище», из которых наибольшими по площади являются разноуровневые култучноравнинные и русловые урочища.

2. Основными факторами антропогенного преобразования урочищ центрального района ландшафта дельты Волги являются: карьеры, искусственные водные объекты, сельская и городская застройка. Ведущим фактором выступает сельскохозяйственное использование ПТК, что подтверждает ретроспективный анализ этапов хозяйственного освоения исследуемого региона.

3. Виды и характер хозяйственного использования ПТК, а также степень их преобразованности находятся в прямой зависимости от ландшафтного разнообразия и пространственно-морфологической структуры ПТК: участки со сложной морфологической структурой ПТК, и, соответственно, высоким уровнем ландшафтного разнообразия, в меньшей степени подвергаются большинству видов хозяйственного воздействия.

4. Уровень антропогенной трансформации урочищ определяется соотношением суммы площадей их модифицированных участков с учётом числовых коэффициентов степени антропогенной преобразованности с площадью естественной (первичной) геосистемы, в границах которой осуществляется тот или иной вид хозяйственной деятельности.

5. Планировочные решения и стратегия развития центрального района ландшафта дельты Волги определяются правилами ландшафтного планирования, формирования и организации ландшафтно-экологического каркаса.

Теоретико-методологической базой исследования явились научные разработки и труды отечественных и зарубежных учёных. Источниками информации по общей теории геосистем стали работы Исаченко А.Г., Милькова Ф.Н., Сочава В.Б.; по теории оценки ландшафтного разнообразия работы Марцинкевич Г.И., Викторова А.С., Хорошева А.В. и др. Учтён опыт региональных исследований Белевич Е.Ф., Волюнкина И. Н., Бармина А.Н., Валова М.В. и др. При выполнении работы автор опирался на труды исследователей в области картографирования геосистем и использования ГИС Берлянта А.М., Ямашкина С.А, Ямашкина А.А., Колбовского Е.Ю., Старожилова В.Т. и др. Среди зарубежных исследователей были использованы работы Machado A., Walz U., Rüdissler J. et al. и других авторов в области оценки преобразованности геосистем.

Исходные материалы и методы. В период подготовки диссертационной работы использовались фондовые и архивные материалы, предоставленные Управлением Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Астраханской области, государственным предприятием Астраханской области «Проектно-производственное архитектурно-планировочное предприятие», ФГБУ "Астраханский государственный заповедник"; было использовано большое количество картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с аппаратов Landsat 8; Sentinel-2A, 2B, Sentinel-1; PlanetScope, в том числе и с отечественных - Ресурс-П1.

В работе применялись методы геоэкологических и комплексных физико-географических исследований, включая полевые и дистанционные, математические методы моделирования и методы геоинформационного картографирования. Анализ и моделирование коренных геосистем исследуемого района и их современного состояния осуществлялся с помощью программного обеспечения ArcMap 10.2, QGIS 3.4-3.12; анализ данных дистанционного зондирования Земли происходил в программных комплексах Sentinel Application

Platform (SNAP v.6, v.7), IMAGE MEDIA CENTER 2019; дополнительные оформительские корректировки выходных материалов осуществлены в Adobe Photoshop CC 2017; автоматический анализ материалов полевых исследований осуществлялся при помощи языка R в среде R-Studio.

Личный вклад автора. Автором сформулирована цель и задачи работы, проведена обработка и анализ информации, полученной в ходе личных полевых исследований в период 2015-2020 гг.; проведена предварительная и тематическая обработка данных ДЗЗ; сбор, обработка и систематизация аналитических данных; с применением ГИС-технологий автором были составлены картосхемы, отражающие пространственное размещение коренных ПТК и степень их антропогенной трансформации.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследования углубляют и расширяют существующие положения о природном районировании ландшафта дельты Волги; излагаемые материалы позволяют с высокой степенью точности оценить степень трансформации природных территориальных комплексов. Материалы исследования могут быть использованы при разработке комплекса мероприятий, направленных на рационализацию природопользования в как в изучаемом регионе, так и в других дельтовых ландшафтах. Теоретические положения и методические разработки, полученные в результате диссертационного исследования, используются в учебном процессе на геолого-географическом факультете Астраханского государственного университета, в частности, в курсах «Природопользование», «Экологический мониторинг» «Моделирование изменений географической среды», «Методы обработки экологической информации». Отдельные материалы диссертации могут быть использованы при подготовке учебных курсов для студентов по специальностям «Картография и геоинформатика» и «Экология и природопользование».

Отдельные методологические наработки по результатам исследования переданы ФГБУ "Астраханский ордена Трудового Красного Знамени государственный природный биосферный заповедник". Материалы были адаптированы для оценки степени антропогенной трансформации геосистем

буферной охранной зоны Трехизбинского, Дамчикского и Обжоровского участков заповедника.

Теоретические подходы, использовавшиеся при анализе ландшафтного разнообразия, применении модификаций точек Вурмана, обработке радиолокационных данных, использованы при реализации гранта РФФИ № 20-37-70055 «Интеграция знаний в цифровых инфраструктурах пространственных данных для принятия управленческих решений в области устойчивого развития», Президентского гранта «Разработка репозитория глубоких нейросетевых моделей для анализа и прогнозирования развития пространственных процессов» (МК-199.2021.1.6).

В 2021 году материалы диссертации были использованы в подготовке исследования «Комплексная оценка потенциала развития Астраханской агломерации, Астраханская область» в рамках проекта по созданию мастер-плана Астраханской агломерации (Астрахань – Москва, 2021).

Апробация результатов исследования. Основные положения проведённых исследований были доложены на XXVII Всероссийской молодёжной конференции с участием исследователей из других стран «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2017); II Всероссийском конгрессе молодых учёных-географов «Геопоиск» (Тверь, 2017); международной научно-практической конференции "От карты прошлого – к карте будущего" (Пермь – Кудымкар, 2017); XIII, XV и XVI Большом географическом фестивале (Санкт-Петербург, 2017, 2019, 2020); XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова «Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов» (Воронеж, 2018); 7 Международной конференции в области картографии и ГИС (7th International Conference on Cartography & GIS, Болгария, 2018); Международной научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвящённые 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова» (Симферополь, 2018); VI Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного

зондирования Земли» (Красноярск, 2019). Международной конференции ИнтерКарто/ИнтерГИС (2018, 2020).

Публикации. По теме диссертационного исследования автором опубликовано 36 научных работ, в том числе 9 статей в изданиях из перечня ВАК РФ, 5 в журналах, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science, а также 1 монография.

Структура и объем работы. Диссертация объёмом 203 страницы машинописного текста состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, включающего 222 источника, в том числе 43 на английском языке. В тексте диссертационной работы содержится 19 таблиц и 61 рисунок.

Благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в подготовке диссертации своему научному руководителю, д.г.н., профессору Бармину Александру Николаевичу; за многочисленные ценные консультации заместителю директора по научной работе ФГБУ "Астраханский ордена Трудового Красного Знамени государственный природный биосферный заповедник", к.б.н. Литвинову Кириллу Васильевичу, а также сотрудникам научного отдела ФГБУ "Астраханский ордена Трудового Красного Знамени государственный природный биосферный заповедник", в частности, к.с.н. Жужневой Ирине Викторовне и Малову Владимиру Григорьевичу; за предоставление данных ДЗЗ с российского аппарата Ресурс-П Научному центру оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы»; за предоставление учебных версий программного обеспечения «IMAGE MEDIA CENTER» с модулем обработки данных Ресурс-П, ценные консультации и замечания генеральному директору компании ООО "Центр инновационных технологий" Лобзенёву Вячеславу Николаевичу.

ГЛАВА 1. ГРАНИЦЫ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА

1.1. Ретроспективный анализ выделения границ центрального района ландшафта дельты реки Волга

Вопросы природного районирования продолжают оставаться одними из важных в современной географии. Помимо своего общенаучного значения, районирование может быть использовано в различных прикладных целях. Одними из наиболее сложных с точки зрения дифференциации являются дельты рек, что обусловлено сложностью их генезиса. Характерно это и для дельты реки Волга, вопросами неоднородности и районирования которой научное сообщество занимается более века (рисунок 1).

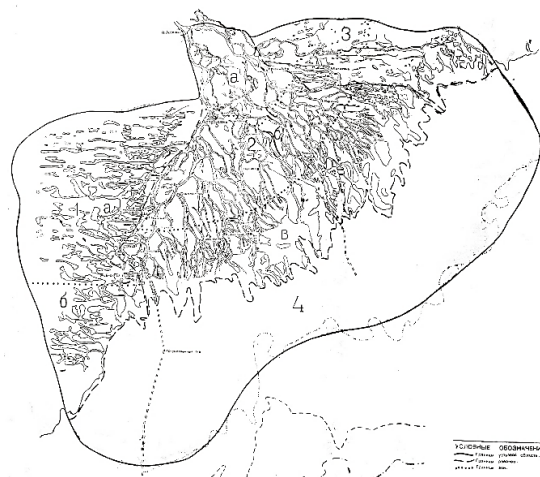
Одной из первых работ, в которых сделана попытка выделения на научной основе границ дельты р. Волга и её районирования, может считаться исследование В.И. Мейснера в 1915 году (Мейснер, 1915). Далее анализом границ дельты Волги занимались В.В. Валединский и Б.А. Аполлов (Валединский, Апполов, 1928).

Учитывая данные литологических и геоморфологических исследований, Н.Г. Краснова проводит региональное описание дельты Волги (Краснова, 1951). В ходе подробного анализа гидрологии дельты Волги С.С. Байдин, Ф.Н. Линберг и И.В. Самойлов выполнили её гидрографическое районирование (Байдин и др., 1956). В.А. Николаев в надводной части дельтовой области Волги выделил шесть геоморфологических районов (Николаев, 1962).

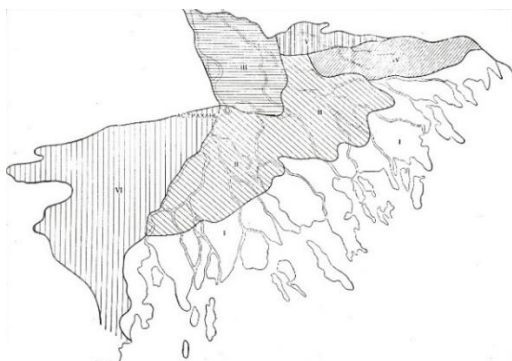
Краткий анализ предшествующих исследований по районированию дельты Волги и собственная схема дифференциации волжского устья были представлены в работе Е.Ф. Белевич (Белевич, 1963). В ходе природного районирования Астраханской области И.Н. Волынкин в дельтовом районе Волги выделил четыре подрайона: северный пойменно-дельтовый, центрально-дельтовый, приморско-дельтовый, прибрежно-култучно-островной (Волынкин, 1968). Критерии выделения границ подрайонов автором не приводятся.



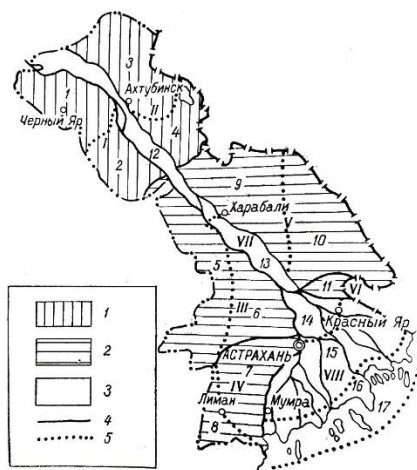
a



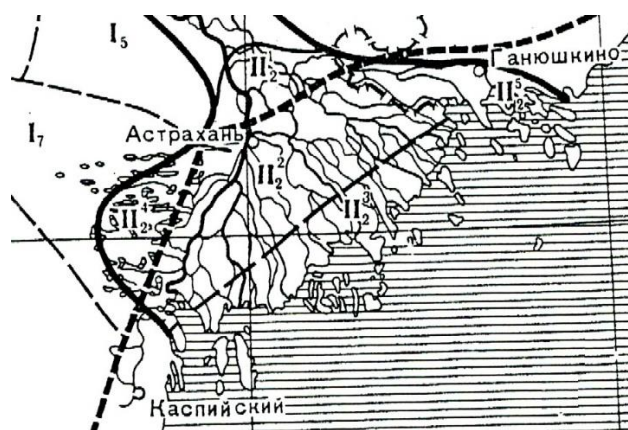
6



B


$$\Gamma$$


Д



e

Рисунок 1. Схемы природных границ дельты Волги
(описание после продолжения рисунка)

Продолжение рисунка 1

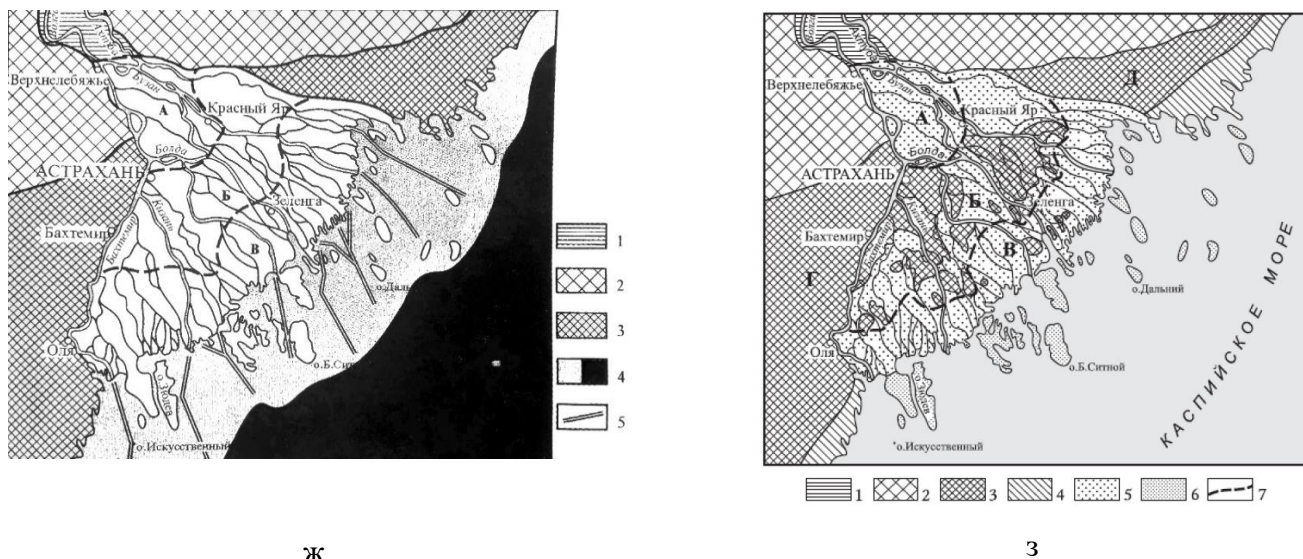


Рисунок 1. Схемы природных границ дельты Волги

а – схема районирования дельты р. Волги (по Валединскому, Аполлову 1928). Условные обозначения: I – район восточных подступных ильменей; II – район западных подступных ильменей; III – собственно дельта; IV – авандельта или предустьевое пространство; V – морской подход к авандельте. **б** – схема гидрографических районов устья Волги (по Байдину и др., 1956). Условные обозначения: 1 – район западных ильменей, где а – паводковая зона, б – морьянная зона; 2 – центральный район, где а – верхняя зона; б – средняя зона; в – нижняя зона; 3) район восточных ильменей; 4) предустьевое взморье. **в** – геоморфологические районы дельты р. Волги (по Николаеву В.А., 1962). Условные обозначения: I – район приморской дельты и авандельты; II – центральный район; III – район вершины дельты Волги; IV – район восточной отмирающей дельты; V – район северо-восточных придельтовых ильменей; VI – район западных придельтовых ильменей. **г** – схема деления дельтовой области реки Волги (по Белевич, 1963). Условные обозначения: 1 – верхняя зона; 2 – средняя зона; 3 – нижняя зона; 4 – култужная зона; 5 – островная зона авандельты; 6 – зона собственно авандельты или открытой авндельты; 7 – зона морского подхода к авандельте; 8 – западный ильменно-бугровой район; 9 – восточный ильменно-бугровой район. Пунктиром показаны искусственные судоходные каналы. **д** – ландшафтные (физико-географические) районы Астраханской области (по Волынкину, 1968). Условные обозначения: 1 – полупустынные районы; 2 – пустынные районы; 3 – интразональные районы; 4 – границы природных районов; 5 – границы подрайонов; VIII – дельтовый район; подрайоны: 14 – северный пойменно-дельтовый; 15 – центрально-дельтовый; 16 – приморско-дельтовый; 17 – прибрежно-култужно-островной. **е** – фрагмент схематической карты природного районирования Прикаспийской низменности (по Доскач, 1979). Условные обозначения: природные районы дельты р. Волги: Π^1_2 – вершина дельты, Π^2_2 – средний пояс центральной части

дельты, Π^3_2 – приморский тростниковый пояс дельты. **ж** – схема геоморфологического районирования дельты Волги (Нижняя Волга ..., 2002). Условные обозначения: 1 – Волго-Ахтубинская долина; 2 – хвалынская морская равнина; 3 – новокаспийская морская равнина; 4 – авандельта (отмелая и приглубая зоны); 5 – каналы. Районы современной дельты: А – верхний (привершинный); Б – центральный (бугровый); В – нижний (приморский). **з** – схема районирования дельты Волги (по Атлас..., 2015). Условные обозначения: 1 – Волго-Ахтубинская пойма, 2 – позднихвалынская морская равнина, переработанная эоловыми процессами, 3 – новокаспийская (голоценовая) морская равнина, осложненная бэровскими буграми, 4 – современная морская равнина (вышедшая из-под уровня моря после 1929 г.), 5 – аллювиально-дельтовая равнина, 6 – аккумулятивные формы в отмелой зоне устьевого взморья, 7 – границы районов. Районы дельты: А – верхний (привершинный), Б – центральный (бугровый), В – нижний (приморский), Г и Д – Западные и Восточные подступные ильмени.

По каждому выделенному подрайону приведена краткая физико-географическая характеристика с предложениями хозяйственного использования.

А.Г. Доскач в дельте Волги выделены следующие природные районы: вершина дельты, средний пояс центральной части дельты, приморский тростниковый пояс дельты. Средний пояс располагается к югу от Астрахани, между рукавами Бахтемир и Бузан, и отделяется от моря полосой приморской дельты (Доскач, 1979); Г.В. Русаков провёл геоморфологическое районирования дельты Волги (Русаков, 1990). Схема геоморфологического районирования дельты Волги была представлена в коллективной монографии, которая обобщала результаты многолетних геоморфологических, русловых и геофизических исследований Волго-Ахтубинского участка долины реки Волги и её дельты (Нижняя Волга..., 2002). Одна из последних схем районирования представлена в Атласе дельты Волги (Атлас..., 2015).

От первых работ по исследованию дельты Волги и до настоящего времени ряд исследователей включают в её состав прилегающие Западный и Восточный ильменно-бугровые ландшафты. Действительно, водоемы и водотоки данных природных комплексов вместе с аналогичными объектами устья Волги образуют единую гидрографическую сеть. И там и здесь встречаются схожие почвенно-

растительные формации. Однако особенности морфологической структуры данных ландшафтов во многом отличны от дельты Волги, что не позволяет включить их в её состав.

Для создания существующих схем районирования были использованы гидрографические, топографические, геоморфологические и литологоморфологические признаки. Наличие большого количества схем можно объяснить сложностью морфологической структуры ландшафта дельты Волги, что обусловлено спецификой геолого-геоморфологического строения и мозаичностью почвенно-растительного покрова. Разные авторы используют разные таксономические единицы: зона, район (таблица 1).

Во всех существующих схемах районирования дельты Волги существует один существенный момент, который часто оговаривают сами авторы – условность границ. Это допустимо, но только на ограниченных участках. Довольно часто границы в работах проводятся через населённые пункты, например, г. Астрахань – с. Красный Яр. Границы частей дельты могут проходить по линиям, соединяющим крайне расположенные бэровские бугры, по местам интенсивного деления водотоков и т.д. При этом не учитывается, что дельта состоит из множества островов, каждый из которых является своеобразным природным комплексом. Действительно, определить статус каждого острова в ландшафтной иерархии дельты Волги проблематично. Скорее всего, их можно отнести к группе урочищ, выделяемых в некоторых ландшафтных исследованиях (Хромых, 2018).

1.2. Современное представление границ центрального района ландшафта дельты реки Волга

Согласно ландшафтному районированию России, дельта Волги является ландшафтом или физико-географическим районом, который располагается в Восточно-европейском секторе России, пустынной зоне, Прикаспийской провинции. Дельта Волги входит в состав Волго-Ахтубинского округа, который отдельно выделяется в провинции (Исаченко, 1996). Поэтому, поднимая вопрос о

территории исследования, необходимо выделить здесь наиболее крупные морфологические части данного ландшафта.

Таблица 1. Анализ схем районирования дельты Волги

Дельта Волги				
Автор	Год	Единица районирования	Количество единиц	Признак районирования
В.И. Мейснер	1915	район	7	гидрологический
В.В. Валединский, Б.А. Аполлов	1928	район	5	гидрологический комплексный
Н.Г. Краснова	1951	район	13	литологический и геоморфологический
С.С. Байдин, Ф.Н. Линберг, И.В. Самойлов	1956	район, зона	4 (с последующим зонированием)	гидрологический комплексный
В.А. Николаев	1962	район	6	геоморфологический
Е.Ф. Белевич	1963	район, зона	2;7 (соответственно)	геологический, геоморфологический
И.Н. Волынкин	1968	район, подрайон	1; 4 (соответственно)	физико- географический
А.Г. Доскач	1979	район	3	геоморфологический
Г.В. Русаков	1990	зона	4	геоморфологический
Коллектив авторов (под ред. Г.И. Рычагова, В.Н. Коротаяева)	2002	часть, зона, район	3	геоморфологический
Коллектив авторов	2015	район	5	комплексный

Опираясь на ранее выполненные работы, в том числе исследование Николаева В.А. (Николаев, 1962), данная часть ландшафта дельты Волги в

настоящем исследовании получила название центрального района с последующим уточнением его границ.

Согласно проведённому исследованию, границы центрального района в составе ландшафта дельты Волги проводились по водотокам. При этом необходимо учитывать одну особенность, которая исторически сложилась в гидрографической сети волжской дельты: один и тот же водоток на разных участках может иметь разное название.

Другим критерием выделения центрального района в составе ландшафта дельты Волги послужили особенности его морфологической структуры, которые определяются спецификой набора урочищ. Своеобразным ландшафтным репером центральной дельты служат урочища бэровских бугров, что отмечается во многих исследованиях (Берг, 1951; Волынкин, 1969; Занозин, 2013).

По площадным же показателям здесь доминируют урочища култучных равнин разного уровня и русловые мелкогивистые урочища (Волынкин, 1983; Занозин, 2017). Помимо них, в данном районе отмечаются прирусловые валы, урочища русловых равнин, гивистые урочища на основе морских островов, култучные и межбугровые ильмени и т.д. Обозначение данного района как центральный достаточно ясно подчёркивает его положение в самом ландшафте.

Исходя из вышеизложенного, были уточнены следующие границы центрального района ландшафта дельты Волги (рисунок 2). Северный участок начинается от истока р. Кривая Болда по её правому берегу до места объединения с р. Прямая Болда. Далее на восток она продолжается по правобережью р. Бушма до устья р. Быстрая, от которого она меняет направление на северо-восток – север – северо-восток до истока данного водотока. Затем центральный район ландшафта дельты Волги ограничивают левые берега р. Белый ильмень и р. Шмагина до места отделения последней от рукава Бузан.

К северу и северо-западу от данного участка границы располагается так называемая северная часть ландшафта дельты со своеобразным набором урочищ, несколько отличным от центральной.

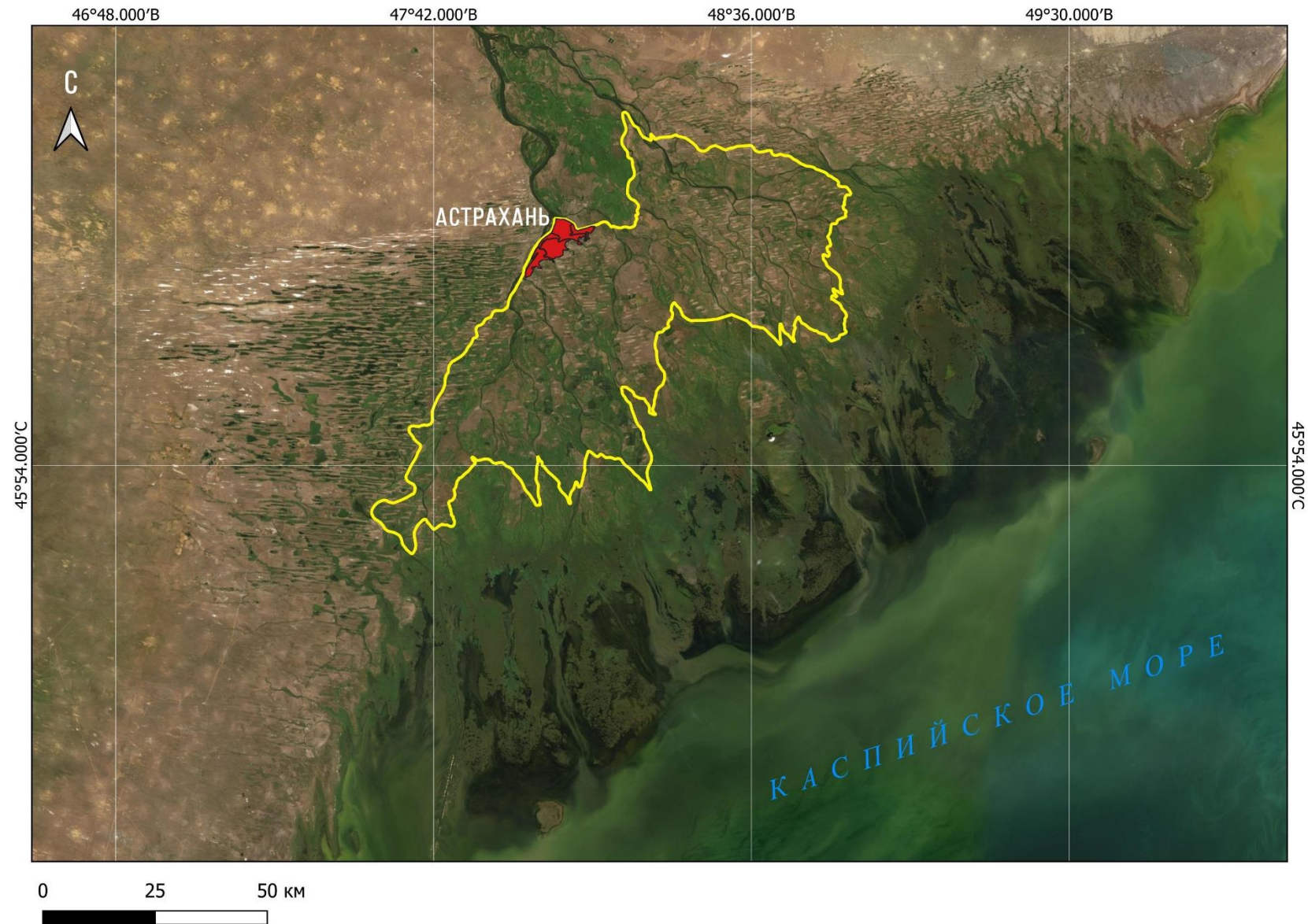


Рисунок 2. Границы центрального района ландшафта дельты Волги (выделены автором)

Восточная граница центрального района ландшафта дельты Волги берет своё начало от истока р. Шмагина, продолжаясь по левому берегу Бузана до приверха острова, на котором расположено с. Красный Яр. Далее пограничная линия, разделяющая центральную дельту и Восточный ильменно-бугровой ландшафт, отмечается по правобережью р. Кривой Бузан, р. Большая Прорва с её разноимённым продолжением в виде р. Большая Невидимка и ерика Каус. Ограниченный тремя последними участками остров, на котором располагаются населённые пункты Кривой Бузан и Бакланье, на первый взгляд относится к Восточному ильменно-бугровому ландшафту. Однако анализ его морфологической структуры показывает, что здесь, помимо бэровских бугров и их шлейфов, отмечаются урочища пологоволнистых русловых равнин, русловые мелкогрядистые и култучные урочища. Это свидетельствует о необходимости включения данной группы ПТК в состав центрального района ландшафта дельты. Продолжаясь по правобережью р. Тюрина, восточная часть границы завершается в месте интенсивного дробления водотоков, уходя в сторону бэровского бугра с. Новокрасное.

Началом западного рубежа можно считать место отделения от русла Волги рукава Кривая Болда. Далее на юг эту функцию выполняет рукав Бахтемир вплоть до места впадения в него р. Бакланья, где начинается южная часть границы центрального района ландшафта дельты Волги. В направлении север – северо-восток пограничная линия перемещается по правобережью системы р. Бакланенок – Бакланья до участка бифуркации р. Ямная, что чуть южнее с. Житное. Далее продолжается по левобережью р. Старая Волга, затем по ерику, проходящему южнее с. Краса и берущему начало в ерике Стрижов. По последнему южный край центрального района дельты простирается до р. Чулпан, переходит на его левобережье и продолжается до истока ерика Новая Протока. Здесь линия границы меняет направление на северо-восточное, проходя по системе ерик Заросший Коклюй – р. Коклюй – ерик Ягодный до р. Волга. По её правому берегу пограничная линия продолжается до истока р. Полдневая, по левобережью которой смещается до впадения в р. Гандурино. Далее пограничная линия меняет своё

направление на север, продолжаясь по правобережью р. Гандурино до истока ерика Днищево, что напротив н.п. Нижненикольский. По левобережью Днищево линия границы перемещается до отделения безымянного ерика, что у бывшего н.п. Капустино, а по нему – до ерика Прорва. По Прорве южный рубеж центрального района ландшафта дельты Волги достигает широты приверха острова с н.п. Октябрьский, к которому подходит по системе сухих или временно заполняющихся мелких русел. Следуя по р. Каныча до р. Кизань, пограничная линия продолжается по правобережью последней до истока р. Бакланья, далее по левобережью системы Бакланья – Малая Бакланья до места слияния последней с р. Ивановская.

Продолжаясь на юго-восток по р. Белужья и Белужьему Банку до его слияния с банком Каралатский, граница центрального района меняет своё направление на север, огибая с востока с. Каралат и по одноименному банку и р. Большой Черной достигает с. Раздор. Здесь пограничная линия меняет своё направление на юго-восточное, двигаясь по левобережью р. Малая Черная до места ее слияния с ериком Черепашка, по которому граница уходит на север, продолжаясь по правобережью р. Тузуклей до разделения р. Болды. Далее граница следует по р. Трехизбенка до места впадения в нее безымянного ерика, что в 200–300 м к северо-западу от с. Трехизбенка. По данному водотоку пограничная линия простирается в субширотном направлении на восток до р. Калмыцкая, где меняет свое направление на юго-восточное вплоть до места слияния ериков Яблонка, Кульпинка, Чеченный и Рычан. По последнему граница центрального района ландшафта дельты Волги перемещается на северо-восток до рукава Бушма, где меняет направление на юго-восточное, проходя южнее с. Зеленга и с. Маково. От места слияния Бушмы и Корневой пограничная линия направлена на север, до начала р. Лягушачья, где вновь уходит на юго-восток, до слияния с системой водотоков Шарапкина – Никонорычева. Данный участок границы завершается примерно в одном километре к северу от с. Цветное у приверха речного острова, делящего русло р. Сарбай.

Далее начинается самый сложный в идентификации участок границы центрального района ландшафта дельты Волги – юго-восточный. Проблема его

выделения заключается в том, что здесь наблюдается интенсивная фуркация волжских водотоков, что приводит к формированию многочисленных мелких речных островов. Проведение пограничной линии по водотокам затруднено в виду их большого количества, а также часто отсутствия названия. В результате граница центрального района дельты на рассматриваемом участке была проведена по линии, соединяющей бэровские бугры, занимающие самое южное, юго-восточное и восточное положение. При этом учитывались границы природных комплексов ранга урочище, которые сформировались вокруг бугров. В виду отсутствия информации о собственном названии некоторых бугров, для последних указывалось название населённых пунктов, которые на них размещаются. В результате пограничная линия выглядит следующим образом: бугор с. Цветное – бугор Рычий – бугор с. Нововасильево – бугор Телпин – бугор к северо-востоку от с. Сармантаевка – бугор Успенский – бугор Яцкий – бугор с. Новомаячное – бугор с. Новокрасное.

1.3. Геолого-геоморфологическая характеристика

Дельта Волги приурочена к двум структурно-тектоническим областям, граница между которыми примерно совпадает с широтой Астрахани. Северная часть дельты расположена в пределах крупнейшего прогиба Русской платформы – Прикаспийской низменности, территориально совпадающей с одноименной впадиной (синеклизой), расположенной на юго-восточной окраине Восточно-Европейской платформы. Южная часть дельты сформировалась на базе эпигерцинской Скифо-Туранской плиты. Глубинное строение дельты Волги и её авандельты характеризуется наличием погребённого герцинского складчатого сооружения, являющимся продолжением складок Донбасса и получившим название кряжа Карпинского (Алексин и др., 1962; Леонтьев, Фотеева, 1965; Маловицкий, 1970; Янина, 2012; Атлас дельты реки Волги..., 2015).

В целом структуру дельты можно охарактеризовать как огромный «слоёный пирог» из голоценовых и современных осадков супесчано-суглинистого характера мощностью до 20 м (средняя мощность 5–10 м) (Кленова М.В., Краснова Н.Г.,

Рачковская К.А., 1941; Геология дельты Волги, 1951; Рачковская К.А., 1951; Кленова М.В., Белевич Е.Ф., Гершанович Д.Е., 1955; Атлас дельты реки Волги..., 2015).

В геоморфологическом отношении центральный район ландшафта дельты представляет собой слабо наклонённую к морю аллювиально-дельтовую равнину, осложнённую грядовым рельефом бэровских бугров. Отметки абсолютных высот колеблются в среднем от -10 м БС на вершинах бугров до -27 м БС на пониженных участках. Район характеризуется разветвлённой сетью хорошо развитых крупных дельтовых водотоков, прорезающих реликтовые массивы бэровских бугров, и широким развитием в долинах этих водотоков цокольных пойм. В пределах этого района имеются две широкие субмеридианальные полосы вдоль Бушмы и Бузана, где бэровские бугры отсутствуют и развиты пойменно-островные дельтовые равнины (Атлас..., 2015) (рисунок 3).

1.4. Климатические особенности

Географическое положение исследуемого региона обуславливает значительную величину солнечной радиации, поступающей на земную поверхность – около 120 ккал на см². Преобладающими воздушными массами здесь являются континентальные воздушные массы умеренных широт, периодически наблюдаются вторжения арктического и тропического воздуха.

В зимний период года рассматриваемая территория находится под преимущественным влиянием азиатского антициклона. В связи с этим преобладают ветры восточных направлений, приносящие сухую и морозную погоду.

Равнинный характер подстилающей поверхности создаёт условия для беспрепятственного движения воздушных масс любого типа, что способствует быстрому выхолаживанию поверхности в холодный период года, и также быстрому прогреву в тёплый.

Средняя температура воздуха за год составляет 9,8° С. Тепловые ресурсы довольно значительные. Суммы температур воздуха выше +10° С составляют 3500°

– 3600° С. Продолжительность теплого периода (с температурой воздуха выше 0) 230–260 дней. Средние значения относительной влажности воздуха изменяются в течение года от 40-50% в июле, до 70 -90 % в ноябре - декабре. Среднегодовое количество осадков около 200 мм при величине испаряемости 1100-1200 мм.

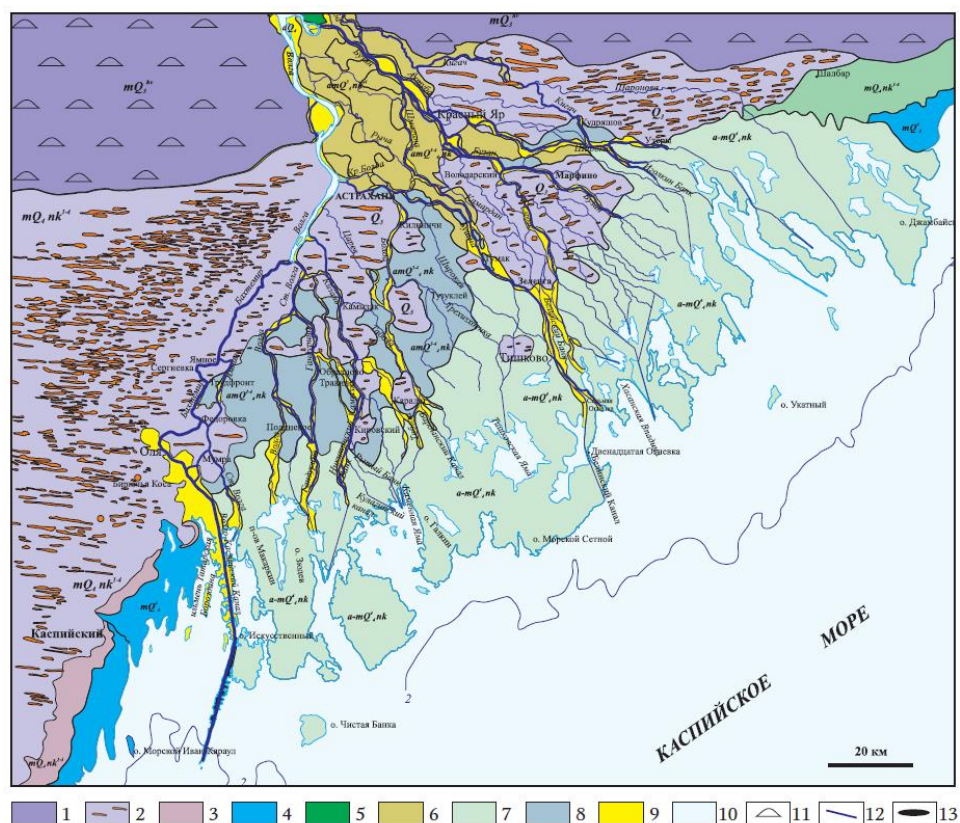


Рисунок 3. Геоморфологическая карта дельты Волги
(авторы: В.Н. Коротаев и Г.И. Рычагов, по Атлас..., 2015).

Условные обозначения: 1 – позднехвалынская морская равнина, переработанная эоловыми процессами, 2 – новокаспийская морская равнина в пределах распространения бэровских бугров, 3 – новокаспийская морская абразионная равнина, 4 – современная морская равнина, вышедшая из-под уровня моря после 1929 г., 5 – Волго-Ахтубинская пойма, 6 – уллучайская старично-проточная дельтовая равнина, 7 – современная култучно-дельтовая равнина, 8 – новокаспийская цокольная дельтовая равнина, 9 – современная пойма, 10 – водные объекты, 11 – бугристые пески, 12 – гидрографическая сеть и каналы, 13 – дамбы Волго-Каспийского канала

Среди четырех сезонов года наиболее продолжительным являются зима и, особенно, лето. Зима наступает во второй половине ноября. Самым холодным её месяцем является январь. Средняя его температура $-5,6^{\circ}\text{C}$. Зимой часто наблюдаются оттепели, особенно, в декабре. В отдельные дни температура воздуха может достигать $+5^{\circ}$, $+10^{\circ}\text{C}$.

В первой декаде мая наступает лето. Оно длится 130–150 дней. В первой половине июня средняя суточная температура переходит через $+20^{\circ}\text{C}$ и сохраняется выше этого предела в течении 80–100 дней. Средняя температура июля $+25^{\circ}\text{C}$. В дневные часы воздух может прогреваться до $+38^{\circ}$, $+40^{\circ}\text{C}$, а поверхность до $+60^{\circ}$, $+70^{\circ}\text{C}$. Облачность летом резко уменьшается. Осадки носят ливневый характер, нередко с выпадением града. Резко возрастает количество суховейных дней, особенно в июле (Агроклиматические ресурсы..., 1974; Бесчетнова Э.И., Вознесенская Л.М., 1997; Вознесенская Л.М., Бесчетнова Э.И., 2002).

1.5. Водные объекты

В пределах центрального района ландшафта дельты Волги выделяются речные и озеровидные водные объекты. Гидрографическая сеть представлена рукавами, протоками и ерикам. Рукав – крупный водоток, отделяющийся от основного русла Волги, с нормой стока 2–3 тыс. $\text{м}^3/\text{с}$ и шириной до 600 метров. Основными рукавами волжской дельты являются Бахтемир, Старая Волга, Камызяк, Бузан, Прямая и Кривая Болда.

При дроблении рукавов формируются протоки. Это водотоки с нормой стока в рамках 150–700 $\text{м}^3/\text{с}$ и шириной русла до 200 метров. Примерами протоков являются Сарбай, Бушма, Васильевская и др. Огромное количество мелких водотоков в дельте Волги получили соответствующее название тюркского происхождения «ерик». Ширина их не превышает 30–40 метров, а норма стока не более 50 $\text{м}^3/\text{с}$. Несмотря на многочисленность, в большинстве случаев каждый ерик имеет собственное название. При прорыве воды из одного водотока в другой, что наблюдается при увеличении объёма стока, могут возникать водотоки-прораны шириной до нескольких метров при глубине 1–1,5 метра. Особенности

гидрографической сети ландшафта дельты Волги, и особенно его центрального района, осложненной присутствием бугров Бэра, обусловили формирование здесь большого количества речных островов различных размеров и конфигураций.

Озеровидные водоёмы в исследуемом регионе получили местное название «ильмени». По особенностям генезиса они распределяются на култучные, русловые и межбугровые (или лагунные). Култучные ильмени формировались на основе мелководных заливов морского края дельты – култуков. Это чашеобразные водоёмы округлой, реже неправильной формы, с плоским дном и глубиной до 1 метра. Образование межбугровых ильменей в соответствии с названием происходило в понижениях между бэровскими буграми, в результате чего они обычно имеют овальные очертания. Глубина данных водоемов не превышает 2 метров. При смещении водотоков и их впадении во внебугровые понижения формировались так называемые русловые ильмени, отличающиеся высокой проточностью (Берг, 1951; Байдин, Линберг, Самойлов, 1956; Антропогенные воздействия..., 2003; Кузин, 2008).

Необходимо отметить, что в связи с полным зарегулированием Волги гидрологический режим водоёмов и водотоков дельты Волги не соответствует естественным показателям.

1.6. Почвенный покров

Характерной чертой почвенного покрова рассматриваемой территории является комплексность. Связанно это главным образом с развитым микрорельефом, в результате которого различия в перераспределении влаги оказывают существенное влияние на растительный покров, процессы гумусообразования и солевой режим почв.

В пределах дельты р. Волга выделяются два основных процесса почвообразования:

1) пустынно-степной, при котором почвообразование идёт без участия грунтовых вод, с господством нисходящих токов растворов;

2) гидроморфный, при котором почвообразование протекает в условиях сложного взаимодействия прежде всего речной и грунтовой воды, почвообразующей породы и организмов, при условии притока вещества извне, т.е. аллювия.

В первом случае образуются бурые зональные полупустынные почвы. Формируются они в основном на бэровских буграх, а также в сухих межбугровых понижениях. В сухих межбугровых понижениях, в условиях относительно повышенного увлажнения поверхностными, реже грунтовыми водами, под покровом полынно-злаковой растительности формируются лугово-бурые полупустынные почвы. Здесь же отмечаются дерново-опустынивающиеся карбонатные и луговые солончаковые почвы.

Гидроморфный ряд включает в себя аллювиальные луговые слоистые, луговые темноцветные, луговые темноцветные слитые, иловато болотистые почвы и солончаки. Аллювиальные слоистые луговые почвы залегают по гривам и повышенным участкам дельты Волги. В пониженных и, следовательно, в более увлажнённых участках дельты, формируются луговые темноцветные почвы. На участках с луговыми темноцветными почвами часто формируются луговые темноцветные слитые почвы. Их отличает слитое строение профиля. В наиболее пониженных участках, нередко на месте существовавших водоёмов и водотоков формируются иловато-болотистые почвы. Образуются они в условиях избыточного увлажнения, т.к. большую часть вегетационного периода находятся под небольшим слоем воды, а водонасыщенность почвы за счёт капиллярного поднятия практически не прекращается.

Широко распространены в пределах рассматриваемого региона солончаки. Они образуются при близком залегании от дневной поверхности сильно минерализованных грунтовых вод. Тип засоления в основном хлоридный и сульфатно-хлоридный (Плюснин, 1938; Попов, 1960; Большев, 1962; Бармин, 2015; Голуб, 2017).

1.7. Общие сведения о растительности

Общее представление о растительности волжской дельты позволяют получить работы Б.А. Келлера (1938), Н.П. Гудкова (1951), А.Д. Фурсаева (1954), К.В. Воронина (1959), Е.Ф. Белевич (1963), А.Ф. Живогляда, В.Б. Голуба (1983–2017); И.А. Цаценкина (1962), А.Н. Бармина (1983–2019), Е.Г. Кузьминой (1996), Е.Г. Русаковой (1998), Н.М. Новиковой (1997, 2000), И.Н. Сафроновой (1998), а также из Карты растительности... (1974), Классификации растительности... (1986) и др.

Зональная пустынная растительность получила распространение на поверхности бэровских бугров, окружающих их шлейфов и межбугровых понижений. Помимо этого, отдельные виды могут встречаться на высоких участках грив, которые в течение многих лет не подвергаются затоплению. Пойменные местообитания дельты Волги – господство лугов. Наименее распространенными являются кустарниковые заросли и леса. Зональный тип растительности представлен средиземноморскими и ирано-туранскими видами (Сафонов, 1975; Пилипенко, 1996;).

Растительность межбугровых понижений зависит от степени увлажнения и засоления последних. При достаточном количестве влаги здесь формируются влажные луга. При увеличении концентрации солей и меньшем увлажнении появляются ксерофиты и галофиты.

Растительный мир пойменных местообитаний во многом определяется высотой последних относительно уровня воды в межень. Это дает возможность выделять участки высокого, среднего и низкого уровней (Цаценкин, 1962). В первом случае растительные ассоциации формируются на высоте 2–3 метров над поверхностью воды и представляют собой сухие и свежие луга. На участках среднего уровня (от 1–1,5 до 2 метров) влажные и сыроватые луга. Здесь преобладает злаково-осоковая растительность с большой примесью разнотравья. Местообитания низкого уровня заняты переувлажненными ситняковыми и осоковыми лугами.

Естественные леса и кустарники в дельте бедны видовым составом. Они образованы ивой белой и трехтычинковой, тополем черным, лохом узколистным и тамариксом многоцветным. Наиболее распространены ивовые леса ленточного (галерейного) типа.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Анализ фондовых данных и полевые комплексные исследования в целях выявления коренных (восстановленных) ПТК

Для выявления основных коренных природных территориальных комплексов центрального района ландшафта дельты реки Волга были проанализированы архивные картографические данные. Цифровые топографические карты Астраханской области открытого пользования масштаба 1:100000, почвенные и геоботанические карты Володарского, Икрянинского, Приволжского и Камызякского районов Астраханской области, были получены от Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Астраханской области. В работе также были использованы архивные материалы районной планировки Володарского, Икрянинского, Приволжского и Камызякского районов Астраханской области государственного предприятия Астраханской области «Проектно-производственное архитектурно-планировочное предприятие» (г. Астрахань).

С целью анализа ПТК центрального района ландшафта дельты Волги с 2015 года проводились комплексные полевые маршрутные исследования, которым предшествовали предварительные камеральные исследования. На подготовительном этапе с использованием данных из различных источников информации, в том числе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), были предварительно выделены границы геосистем ранга урочище. С учётом структуры и текстуры ландшафтного рисунка намечались ключевые участки и составлялся маршрут исследования. Маршруты исследований выбирались так, чтобы в полной мере выявить особенности морфологической структуры центрального района ландшафта дельты Волги (рисунок 4). На протяжении каждого намеченного маршрута проводилось выявление соответствия первичного картографического материала и проводимых натурных наблюдений. Помимо визуального дешифрирования, для корректировки границ урочищ проводилась автоматическая обработка космических снимков на основе яркостного анализа.

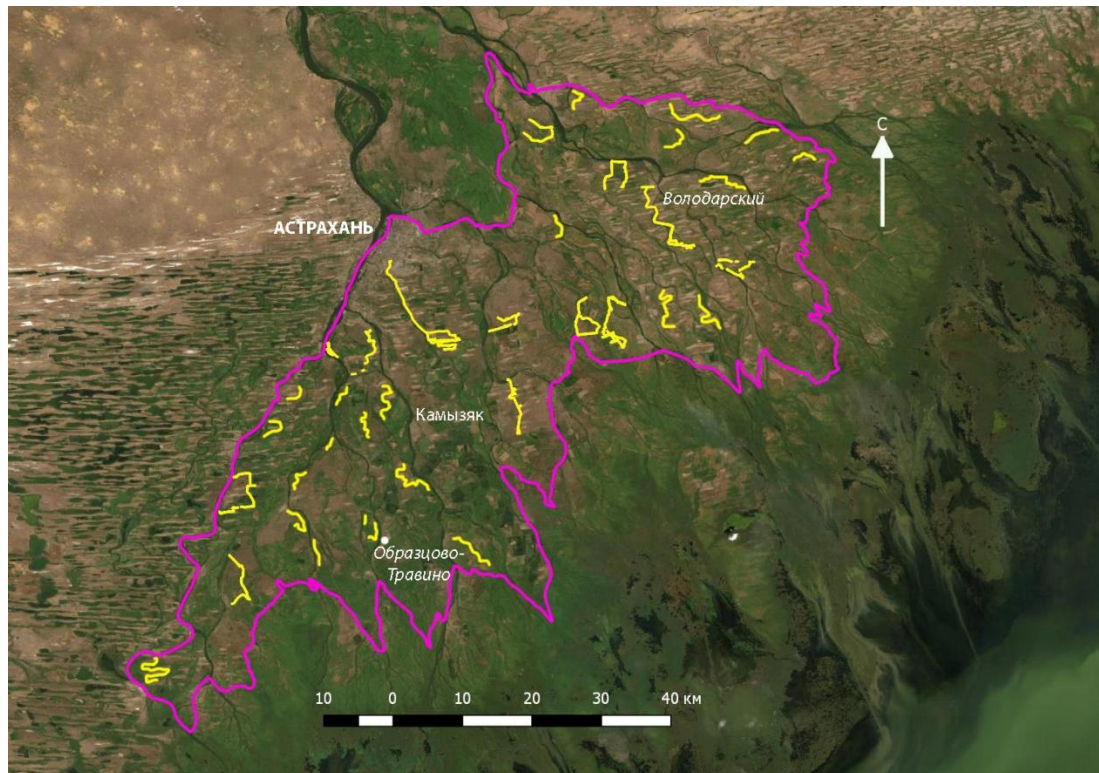


Рисунок 4. Основные маршруты комплексных полевых исследований (жёлтый цвет) в границах центрального района ландшафта дельты Волги (фиолетовый цвет)

Характеристики почв уточнялись по результатам осмотра прикопок и полуям. Осматривались искусственные выемки – траншеи, канавы. На некоторых участках было произведено почвенное бурение до 1,5–2 метров (рисунок 5).

Изучение рельефа проводилось преимущественно с использованием описательного и геоинформационного методов с привлечением данных дистанционного зондирования Земли. В полевых условиях для отдельных форм рельефа и их комплексов уточнялись морфометрические и морфологические показатели. В камеральных условиях были построены цифровые модели рельефа отдельных участков на основе данных цифровой топографической карты Астраханской области открытого пользования (М 1:100000), а также по данным, полученных в ходе векторизации данных топографических карт М 1:25000.

Выявление основных видов ПТК ранга урочище проводилось в ходе ландшафтного профилирования. Выбор линий профилей производился с таким

расчётом, чтобы профиль пересекал наибольшее количество урочищ по проложенному маршруту.



а



б

Рисунок 5. а - почвенные прикопки,
б – исследование почв при помощи ручного бура

2.2. Сводка используемых данных дистанционного зондирования Земли для выявления особенностей первичных (восстановленных) ПТК и их антропогенной трансформации

Данные Landsat

Landsat 8, запущенный 11 февраля 2013 года на данный момент является основным спутником данной системы (рисунок 6а). Сенсор нового спутника позволяет получать данные из 11 каналов, что значительно расширяет возможности использования данных (Шовенгерт, 2010; Sharing Earth...).

Данные Landsat 8 были получены из архива Геологической службы (ГС) США (USGS) через портал EarthExplorer. Материалы Landsat 8 послужили дополнительным источником пространственной информации.

Данные Sentinel

Проект Европейского космического агентства (ЕКА) Sentinel предназначен для поддержки программы Copernicus (быв. – Global Monitoring for Environment and

Security). Проект Европейского космического агентства (ЕКА) Sentinel, оснащён оптико-электронным мультиспектральным сенсором для съёмок с разрешением от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительности, в том числе и временные изменения, а также сводит к минимуму влияние на качество съёмки атмосферы.

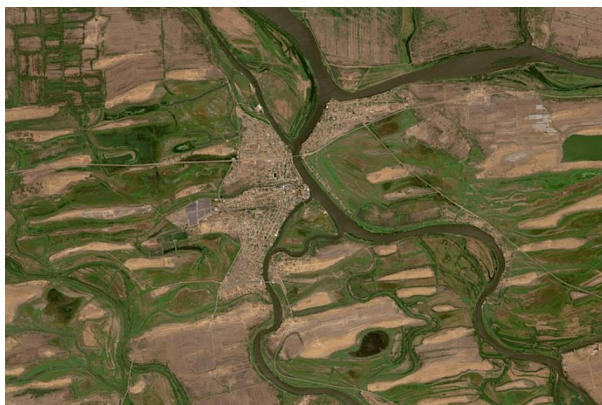
Основные источники пространственной информации в рамках настоящей работы – данные аппаратов Sentinel-2A, 2B (рисунок 6б).

В работе использовались данные радиолокационной съёмки (РЛ) с аппарата Sentinel-1, также полученные с портала программы «Коперник». Были рассмотрены возможности применения многополяризационных и разновременных радиолокационных данных Sentinel-1 уровней SLC и GRD.

Данные PlanetScope

В 2014 г. компания Planet начала разворачивать космическую группировку наноспутников дистанционного зондирования Земли PlanetScope (прежнее название – Flock (или Dove). Каждый спутник представляет собой платформу CubeSat 3U (10x10x30 см), снабжённую оптико-электронной камерой. Спутники имеют пространственное разрешение 3 м в четырёх спектральных каналах RGB+NIR (рисунок 6в), при этом отсутствует панхроматический канал.

Данные с группировки спутников PlanetScope были получены с помощью онлайн-сервиса Planet Platform по программе академической подписки. Уровень полученных данных стал 3B, при этом для работы было доступно три типа данных: AnalyticMS; AnalyticMS_DN и AnalyticMS_SR (Planet Imagery Product Specifications).



а



б



в

Рисунок 6. Примеры изображений территорий у населенного пункта Володарский (Астраханская область) с аппаратов дистанционного зондирования Земли. А – Landsat 8; б – Sentinel 2; в – PlanetScope

Данные Ресурс-П

В рамках настоящего исследования использовались снимки с Ресурс-П (Ресурс-П1) – отечественного аппарата ДЗЗ. Использование таких данных стало благодаря Разрешению Роскосмоса № 58-9047 от 22.04.2019 г. КА «Ресурс-П» базируется, в основном, на конструктивно-аппаратном заделе КА «Ресурс-ДК1». В состав целевой аппаратуры КА «Ресурс-П», в дополнение к оптико-электронной аппаратуре высокого разрешения, введены два типа съемочной аппаратуры: гиперспектральная съемочная аппаратура – ГСА (разработка ОАО КМЗ) и комплекс широкозахватной съемочной аппаратуры – КШМСА, разработка

филиала ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» – НПП «ОПТЭКС» (Кирилин и др., 2011; Кирилин и др., 2017).

2.2.1. Обработка данных дистанционного зондирования Земли

Для потребителей данных дистанционного зондирования данные Sentinel 2 доступны в основном в трёх видах: Level-1B, Level-1C и Level-2A (Sentinel 2 User Handbook). Основной массив, получаемый пользователями, представлен уровнем Level-1C, содержащие коэффициент отражения верхних слоев атмосферы (top of atmosphere reflectance или TOA reflectance). Для тематического анализа данные Level-1C были переведены в Level-2A, содержащие данные коэффициента “bottom of atmosphere” (BOA, подстилающей поверхности).

Космические снимки аппаратов Sentinel 2A и 2B были получены от Европейского космического агентства на портале программы «Коперник». Полный цикл предварительной обработки данных Sentinel 2A и 2B осуществлялся в свободно распространяемом программном комплексе SNAP. Процесс перевода данных из одного уровня данных в другой, конечным результатом которых были изображения формата JPEG 2000 в трёх разных разрешениях: 60, 20 и 10 м, осуществлялся при помощи Sen2Cor – автономного плагина для SNAP.

Главный принцип использования оптических снимков – генерация цветового RGB-синтеза разносезонных изображений. Например, для анализа сельскохозяйственных территорий это были данные, полученных в начале (R), середине (G) и конце вегетационного периода (B), позволяющего определить характер использования земель (рисунок 7).

На основе оптических данных строились и разные индексы. Например, индекс NDVI, который зарекомендовал себя при анализе сельскохозяйственных территорий в различных регионах (Табунщик и др., 2018; Терехин, 2017). Результирующие от расчётов индексов соединялись вместе в один разновременной индекс.

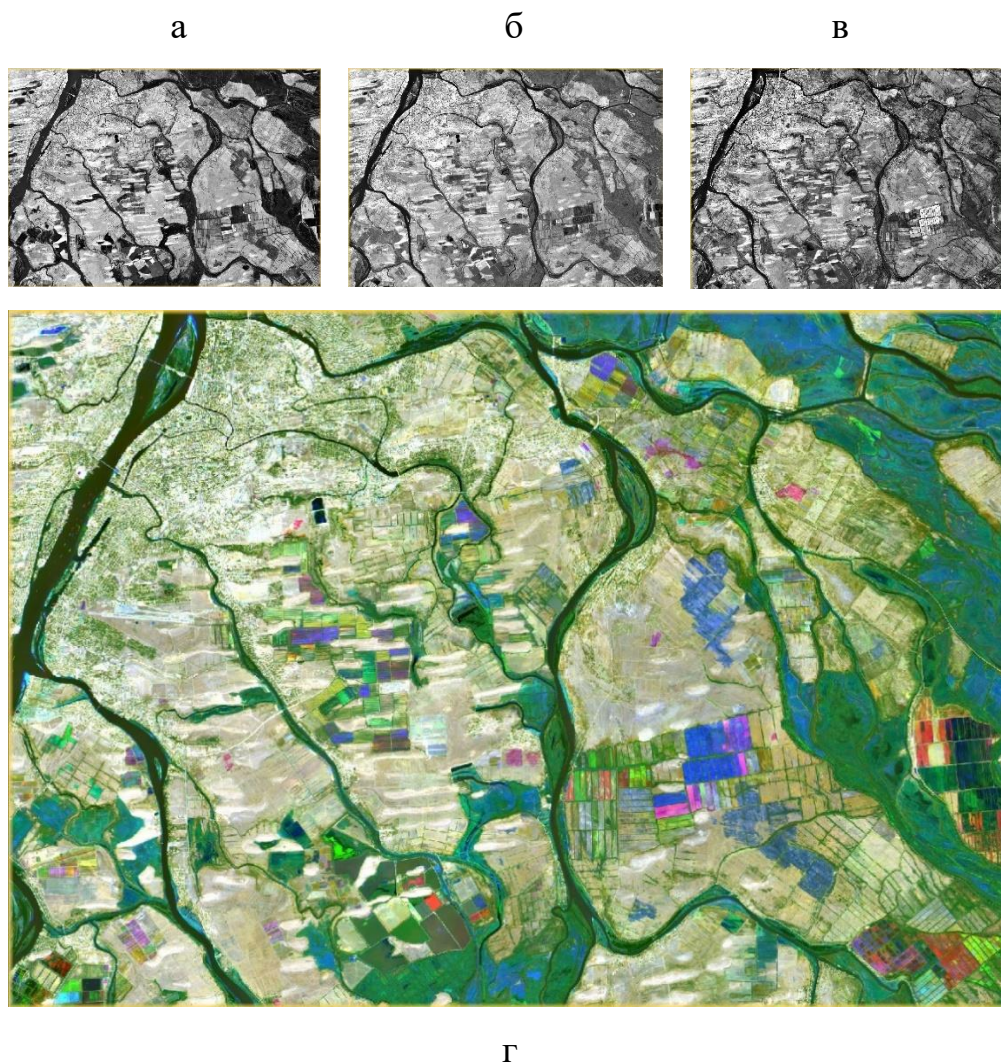


Рисунок 7. Цветовой синтез разносезонных снимков Sentinel 2, территория Приволжского района Астраханской области, входящего в центральный район ландшафта дельты реки Волга. а – R-канал, конец весны, б – G-канал, середина лета, в – B-канал, начало осени; г – синтезированное изображение.

Контроль открытых водных пространств проводился с помощью расчёта нормализованного разностного водного индекса (Normalized difference Water index, NDWI) (McFeeters, 1996), а также модифицированного нормализованного разностного водного индекса (Modified normalized difference water index, MNDWI) (Ji et al., 2015), преимущественно с использованием данных аппарата Sentinel 2. Расчетные показатели индексов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные показатели индексов NDWI и MNDWI

Индекс	Общая формула	Формула Landsat 8, (где В – номер канала)	Формула Sentinel 2, (где В – номер канала)
NDWI	$\frac{\text{Green} - \text{NIR}}{\text{Green} + \text{NIR}}$	$\frac{B3 - B5}{B3 + B5}$	$\frac{B3 - B8}{B3 + B8}$
Modified NDWI	$\frac{\text{Green} - \text{SWIR}}{\text{Green} + \text{SWIR}}$	$\frac{B3 - B6}{B3 + B6}$	$\frac{B3 - B11}{B3 + B11}$

Предварительная обработка данных оптического диапазона для анализа застроенных территорий включала: чтение паспорта снимка, формирование композитного изображения, назначение цветовых каналов, создание мозаики (по данным Sentinel-2B), обрезку изображений по границам центрального района ландшафта дельты р. Волги. Тематическая обработка изображений состояла из анализа изображений в псевдоцветах и применения контролируемой классификации для выявления территорий застройки. Определение эталонных областей базировалось на применении разных комбинаций каналов. Так, учитывались комбинации каналов: 5-4-3 (искусственные цвета), 4-3-2 (естественные цвета), 7-5-3 – по данным со спутника Landsat 8 (OLI) (рисунки 8); 4-3-2 (естественные цвета), 12-11-4, 8-11-4 – по данным со спутника Sentinel-2B.

Обработка радиолокационных данных Sentinel 1 осуществлялась в свободно распространяемом программном комплексе SNAP. В основе формирования радиолокационного изображения лежат особенности отражения рассеивания испускаемого радарного сигнала различными типами поверхности (Справочник..., 2015). В настоящем исследовании информация, полученная от радиолокационного аппарата Sentinel 1, применение которой в мировой практике анализа сельскохозяйственных земель возрастает (AgriSAR, 2011; Vreugdenhil et al., 2018; Filguerias et al., 2019; Bazi et al., 2019; Мозер и др., 2019), послужила дополнением к данным оптического диапазона.

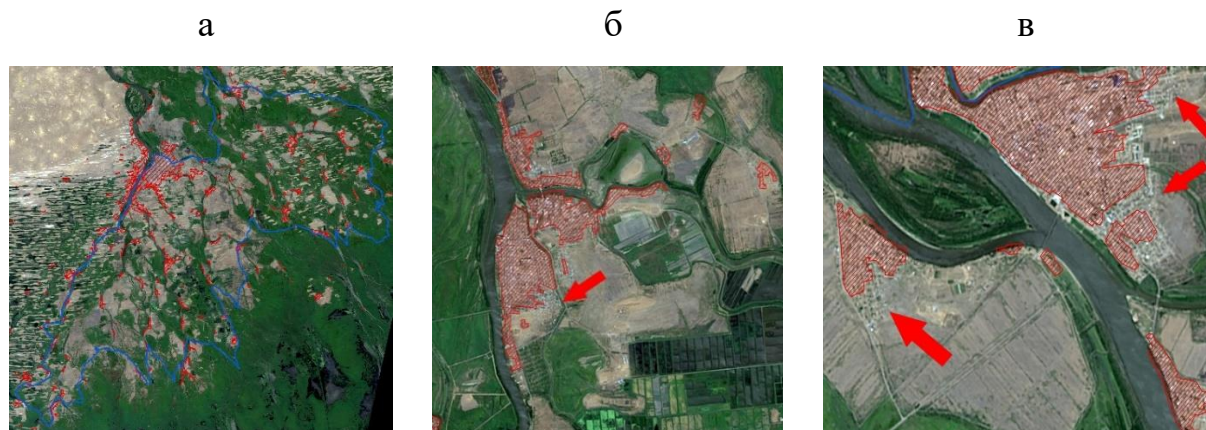


Рисунок 8. Снимки со спутника Landsat 8 (OLI):

а – дельта р. Волги; б, в – приближенные фрагменты изображения с территорией соответственно г. Камызяк и села Красный Яр; синяя линия – центральный район ландшафта дельты реки Волга (выделена автором), красная штриховка – данные Росреестра по застройке; красные стрелки – неучтённая территория застройки

Для наглядности и удобства визуального восприятия были сформированы псевдоцветные RGB-композиции, где красному каналу соответствует изображение в поляризации VV, зелёному каналу – изображение в поляризации VH, синему каналу – частное от деления изображений в поляризации VV и VH (рисунок 9). Опираясь на практический опыт ряда исследователей (Whelen, Siqueira, 2018; Sun et al., 2019), были созданы разновременные данные, в которых информация разных сроков съемки были взаимно согласована как геометрически, так и по уровню шума (многовременная фильтрация), дополнительно рассматривалась возможность вывести так называемые «радарные NDVI» (Мышляков, 2016).

Применение многополяризационных и разновременных радиолокационных данных, полученных со спутника Sentinel-1 было рассмотрено и для территориального анализа городской и сельской застройки. Уровень обработки используемых снимков радарного диапазона со спутника Sentinel-1A: Single Look Complex (SLC) и Ground Range Detected (GRD), поляризация – VV, VH. Продукт уровня обработки GRD – амплитудное радиолокационное изображение, трансформированное в проекцию наземной дальности.

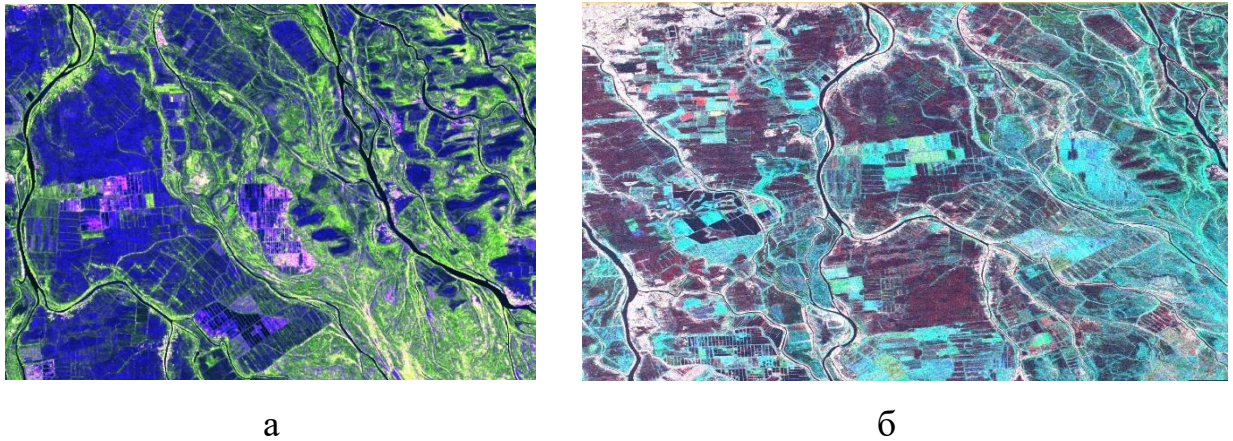


Рисунок 9.

а - образец обработанного снимка Sentinel-1A на территорию дельты Волги.

Композитное RGB-изображение. б – фрагмент синтезированного радиолокационного RGB изображения: R — снимок конца весны, VV поляризация; G — снимок конца лета, VH-поляризация; B — снимок середины осени, VH-поляризация

Продукт уровня обработки SLC представляет собой комплексные радиолокационные данные (содержат и амплитуду, и фазу сигнала), представленные в проекции наклонной дальности. Отличительная особенность данных уровня обработки SLC – они могут быть использованы в интерферометрической обработке для получения информации о высотах и смещениях зондируемой поверхности.

Опробованы два способа выявления территорий застройки. Первый способ – работа с данными уровня обработки GRD – включал несколько этапов: первый – получение файла спутниковой орбиты; второй – радиометрическая коррекция VH и VV поляризаций. Радиометрическая коррекция также необходима для сравнения изображений, полученных с разных датчиков или с одного и того же, но в разное время, в разных режимах, либо обработанных разными процессорами; третий – корректировка по местности, которая геокодирует изображение, исправляя геометрические искажения с использованием цифровой модели высот (Digital elevation model), и производит продукт в картографической проекции. Следующий шаг – создание совмещённого изображения из двух последних изображений

(откорректированных по местности). Последующие шаги: картографирование застроенных районов с помощью спекл-дивергенции, мультитременная спекл-фильтрация (Multi-temporal Speckle Filter) и построение матрицы совместной встречаемости уровней серого тона (Grey Level Co-occurrence Matrix, GLCM).

Второй способ заключался в работе с данными уровня обработки SLC и включал следующее: первый шаг – получение файла спутниковой орбиты для каждого снимка из анализируемой пары снимков; проведение совместной регистрации двух снимков уровня обработки SLC на основе орбиты двух исходных данных и цифровой модели рельефа; оценка постоянного смещения по азимуту. После этого был произведён расчёт когерентности. Следующий шаг – некогерентное накопление (multilooking), которое может быть использовано для получения продукта с условным размером пикселей изображения. Далее была произведена корректировка по местности.

Технология автоматизированной обработки материалов с КА типа «Ресурс-П» сверхвысокого разрешения («Геотон-Л1» (СППИ «Сангур-1У»)) с целью получения стандартного набора выходных продуктов выполнялась в программном комплексе «IMAGE MEDIA CENTER» (Иванова, Горюнова, 2015) и заключалась в нескольких этапах:

1. Проведение радиометрической коррекции входных данных, устранение дефектов, обусловленных особенностями съёмочной аппаратуры (неравномерной чувствительностью элементов).
2. Ортотрансформирование снимков с учетом RPC-коэффициентов и цифровой модели рельефа в проекцию UTM на референц-эллипсоиде WGS-84.
3. Совмещение спектральных каналов с точностью не хуже 0,5 пикселя.
4. Формирование изображения в естественных цветах.
5. Повышение детальности снимков на 10–20 %.

Входными являлись разновременные данные ДЗЗ съёмочных аппаратур Геотон-Л1 уровня обработки 1А (изображения по отдельным каналам без радиометрической и геометрической коррекции, без ортотрансформирования, без цветосинтеза, с коэффициентами RPC-полиномов в формате XML).

Радиометрическая коррекция была необходима для устранения дефектов исходных данных в виде вертикальных полос (рисунк 10), обусловленных особенностями съемочной аппаратуры (неравномерной чувствительностью элементов) и проводилась в ручном режиме (для Геотон-Л1). Далее предварительная обработка осуществлялась в интерактивном режиме при помощи специального плагина «Обработка материалов с КА Ресурс-П» (рисунок 11).

В результате обработки сформировались следующие типы данных, согласно перечню стандартных продуктов, изготавливаемых по материалам ДЗЗ с КА «Ресурс-П» НЦ ОМЗ (Стандартные продукты...): продукт уровня обработки 2В – панхроматическое изображение с радиометрической и геометрической коррекцией, ортотрансформированное в картографическую проекцию (Рисунок 12); продукт уровня обработки 2В1 – цветосинтезированное изображение из 3 каналов (RGB) с радиометрической и геометрической коррекцией, ортотрансформированное в картографическую проекцию; продукт уровня обработки 4В – комплексированное изображение панхроматического и мультиспектрального снимков (рисунок 12); шейп-файл (shapefile) с координатами контура территории, на которую продукт содержит изображение, в системе координат (эллипсоид, система высот, картографическая проекция) продукта; файл-паспорт, содержащий метаданные продукта, в том числе код КА, код съемочной аппаратуры, номер витка съемки, номер маршрута съемки, дата и время съемки.

2.3. Особенности моделирования ПТК в целях создания ландшафтных картосхем

Карта исторически сложилась самой привычной моделью ландшафта. Как отмечали В.Б. Сочава (Сочава, 1978), А.Г. Исаченко (Исаченко, 1980), А.М. Берлянт (Берлянт, 1988), картографический метод в ландшафтных исследованиях всегда имел первостепенное значение. Карта ландшафтов отражает натуральную модель природно-территориальной организации, что делает возможным изучить

закономерности строения и развития ландшафтов, выполнить комплексное качественное и количественное исследование природы и взаимодействия человека с окружающей средой.

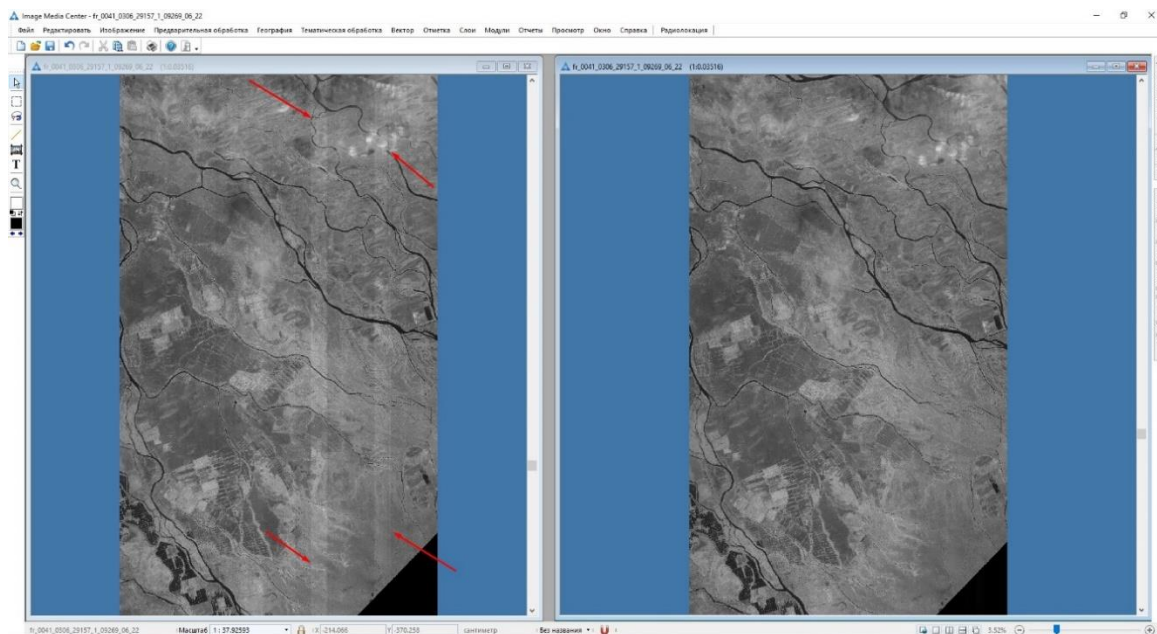


Рисунок 10. Радиометрическая коррекция материалов Ресурс-П для устранения дефектов исходных данных в виде вертикальных полос (указаны красными стрелками)

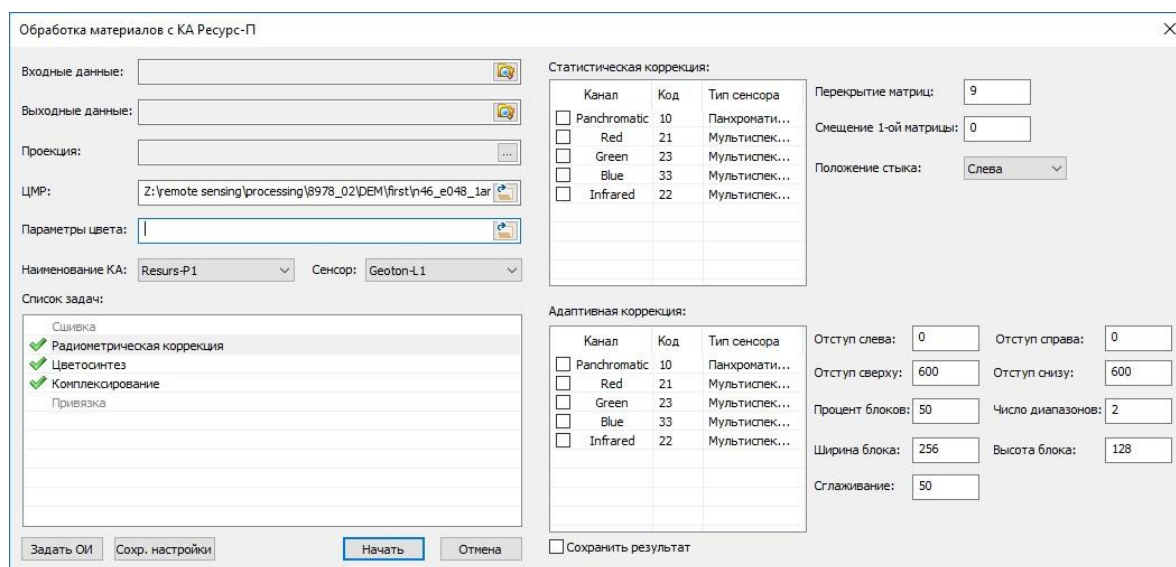


Рисунок 11. Автоматическая обработка данных Ресурс-П в интерактивном режиме при помощи специального плагина «Обработка материалов с КА Ресурс-П»

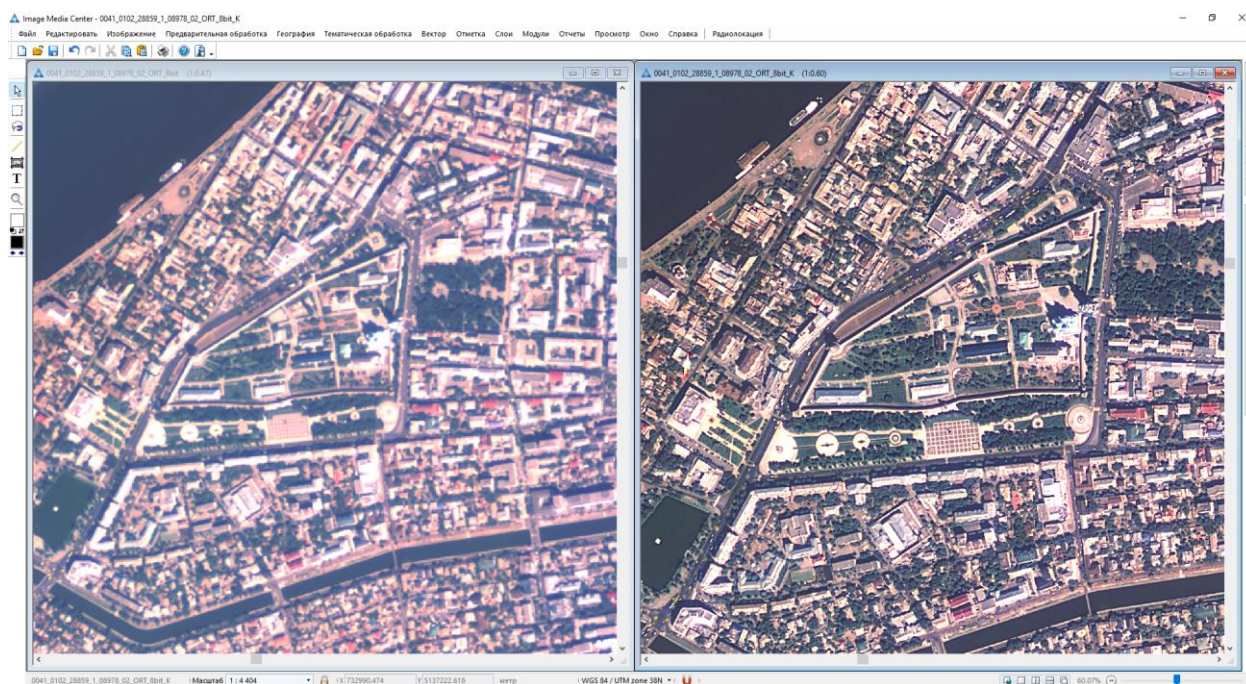


Рисунок 12. Входящая в исследуемый регион центральная часть г. Астрахани; слева - цветосинтезированное изображение, справа - комплексированное изображение. Работа выполнена в программном комплексе «IMAGE MEDIA CENTER»

Картографирование природных комплексов актуально и в настоящее время. Наиболее крупный вклад в развитие отечественного ландшафтного картографирования внёс А.Г. Исаченко (Исаченко, 1959; Исаченко, 1960; Исаченко, 1961). Широкое распространение ГИС-технологий и развитие методов ДЗЗ – с одной стороны, развитие теории ландшафтоведения – с другой, а также потребности практики – не могли не вызвать процесс моделирования природных ландшафтов.

В настоящее время существует нерешенный вопрос о выборе правильной методики моделирования природных ландшафтов (природных территориальных комплексов) и разные авторы по-разному подходят к решению проблемы (Колбовский, 2013, 2016, 2017; Ямашкин и др., 2016; Кузьменко и др., 2018).

Несмотря на появление ГИС-технологий, они не привели к переходу «моделирования ландшафтов», поскольку такой переход предполагает:

- отказ от техники free-hand и «интуиции» («state of art» mapping);

- разработку прозрачных и воспроизводимых алгоритмов картографирования, так или иначе связанных с описанием ландшафта как феномена в многомерном пространстве факторов;
- отказ от «логичных» иерархических классификаций (и баз данных) в пользу реляционных;
- переход от моделирования в векторных слоях к растровым техникам, позволяющим (в частности) отображать «континуальность» и «ядерность» природных ландшафтов (Колбовский, 2018).

Последний пункт, заключающийся в типе пространственного представления, выбранного для реализации ландшафта, часто упоминается, но редко обсуждается и за рубежом (Gaucherel et al., 2014). Большинство растровых данных – мозаики на основе сеток (или пикселей) (Costanza, Voinov, 2004; Saura, Mart'inez-Mill'an, 2000), которыми легче управлять, чем различными объектами в векторном формате (Degenne et al., 2009). Однако большинство, если не все, ландшафты являются неоднородными в том смысле, что они состоят из участков (полигонов), которые считаются едиными относительно их основного признака, с чёткими границами, разделяющими их от других видов (Kotliar, Wiens, 1990).

Возвращаясь к проблематике моделирования природных ландшафтов это означает, что необходимо предложить алгоритмы наложения (overlay) заранее «смоделированных» компонентов», либо разработать динамическую модель, третий же способ видится в обнаружении возможности фиксации непосредственно эмерджентной сущности как «видимого» или реконструируемого паттерна. Варианты моделирования природных ландшафтов с помощью оверлея компонентов геостационарной и фиксации динамики геодинамической «ипостасях» ландшафта оказываются в значительной степени связанными между собой. Возможность моделирования тесно связана с развитием теории рельеф-поля, – с одной стороны, и теории бассейновой сети – с другой, а также, появлением инструментов моделирования как геотопов («геоморфонов»), так и элементарных водосборов в составе современных ГИС.

В основе исходных данных и того и другого процесса моделирования, как видно – все более точные цифровые модели рельефа, и возможность получать как простые (элементарные), так и производные геоморфометрические переменные. Если рассматривать ландшафт как феномен в многомерном пространстве факторов, то большая их часть сегодня может быть воспроизведена: абсолютная высота, высота над уровнем ближайшего водотока, уклон (крутизна), экспозиция, несколько видов кривизны рельефа, отражающие выпуклость-вогнутость склонов (профильная) и рассеивающе-концентрирующий эффект (плановая), катенарная локализация (топографический индекс) и многие другие. Эксперименты в этой области, получившие в англо-американской литературе наименование «геоморфометрии» привели к разработке весьма сложных алгоритмов «сегментации рельефа» (по аналогии с сегментацией растительного покрова). Такие инструменты удобны, но предполагают критические константы (например, крутизна склонов), которые всегда региональны и могут оказаться хороши для одного региона, но не пригодны для другого. Кроме того, готовые инструменты получения «landform», которые популярны за рубежом (Simensen et al., 2018) являются скорее инструментами типологического картографирования рельефа (Колбовский, 2018).

Значительно более перспективным представляется пошаговые алгоритмы получения и оверлея отдельных параметров, которые на фоне экспертных оценок результата позволяют вычлениить оптимальные наборы, достаточные для синтеза местоположений в конкретных физико-географических условиях.

Более сложными являются теоретические проблемы, касающиеся способа оверлея и классификации полученных мозаик. Другая проблема – интерпретация полученных результатов. Число финальных классов, скажем, при оверлее комбинированием всегда будет произведением числа факторов на число таксонов (полученных при нормализации каждого из них) (Колбовский, 2018).

Достаточно сложно подобрать способ моделирования именно коренных, или естественных, ПТК на территориях, существенно отличающейся от всех других, какой и является дельта Волги. Во-первых, данный ландшафт

сформировался под постоянным воздействием многочисленных водотоков, меняющих свой уровень и положение и создающих определенный рисунок и горизонтальное строение отдельных островов дельты. Во-вторых, это территория, на которой антропогенному преобразованию подверглась значительная часть ПТК локального уровня. В-третьих, это территория, где рельеф хоть и влияет на формирование ПТК, но перепады высот столь минимальны, что отталкиваться от показателей данного компонента природы для моделирования ПТК достаточно трудно.

Наиболее подходящим, в данном случае, методами и подходами моделирования можно считать близкий по структуре метод векторно-слоевого ландшафтного картографирования, описанный В. Т. Старожиловым (Старожилов, 2018) или геоинформационный подход к синтетическому ландшафтному картированию (Исаченко, 1961; Ямашкин, Ямашкин, 2016), основанный на принципах оверлея данных, о котором было сказано выше (Колбовский, 2018).

В данном случае в среде ГИС анализировались межкомпонентные и пространственно-структурные связи ПТК центрального района ландшафта дельты реки Волга, в результате чего происходило векторное отображение пространственного распределения основных выделенных природных территориальных комплексов.

Полигональная дифференциация природных территориальных комплексов происходила на основе соотношения и взаимосвязи пространственной информации, полученной в ходе симбиоза данных от разных источников. ГИС-моделирование характерных линий коренных (естественных) ПТК основывалось на «оверлее» данных конкретных территорий. В основе лежали материалы многочисленных маршрутных ландшафтных исследований, анализ аэро- и космических снимков, архивных литературных источников и цифрового анализа архивных картографических данных.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ЛАНДШАФТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Одной из актуальных задач современной географии продолжает оставаться анализ структурно-функциональных особенностей естественных («восстановленных») ландшафтов. Последние служат своеобразной точкой отсчёта при исследовании динамики и трансформации геосистем как под влиянием природных факторов, так и антропогенных агентов. Полученная в ходе таких работ информация может рассматриваться в качестве своеобразного эталона не измененной человеком природы какого-либо региона. В процессе сложнейшего взаимодействия древней и современной Волги, меняющего свой уровень Каспийского моря, специфичных климатических условий и других факторов более низкого ранга именно в центральном районе ландшафта дельты Волги сложилась уникальная геосистема. На расстоянии в несколько десятков метров здесь пойменные луговые и лесные природно-территориальные комплексы (ПТК) часто переходят в полупустынные и пустынные, что обуславливает сложную морфологическую структуру исследуемой территории.

3.1. Генезис, морфология и пространственное размещение основных групп урочищ центрального района ландшафта дельты Волги

3.1.1. Группа култучноравнинных урочищ

Широкое распространение в данном районе ландшафта дельты получили так называемые култучноравнинные урочища, или урочища култучных равнин. Их формирование, по всей вероятности, началось с момента обособления центральной части дельты Волги, которое произошло в уллучайскую фазу трансгрессии Каспия. В этот период, начавшийся около трёх тысяч лет назад и продолжавшийся несколько столетий, здесь шло активное накопление култучно-ильменных отложений, получивших широкое развитие по всей дельте (Рычагов и др., 2010).

Характер данных отложений свидетельствует об их генезисе на основе мелководных заливов морского края дельты - култуков. Формирование култуков продолжалось вдоль южной окраины центральной части дельты во время подъёма Каспийского моря в XIV, XVII, в конце XVIII – начале XIX века. Возникающие в ходе эволюции данных водоёмов осушенные равнинные пространства послужили основой для формирования рассматриваемой группы природных территориальных комплексов (ПТК) (Рычагов, 1997; Рычагов и др., 2010; Атлас ..., 2015). Морфогенетические особенности позволяют выделить два основных типа култуков: открытые и замкнутые (Берг, 1951). Особенности образования данных водоемов накладывают существенный отпечаток на возникающие в дальнейшем геосистемы, что даёт возможность провести дифференциацию последних.

Образовавшиеся в ходе сложного взаимодействия морских и речных вод, обусловивших сложнейшие процессы осадконакопления, култучноравнинные урочища получили специфический комплекс отложений, слагающих их. В общей схеме он включает в себя песчанистые осадки авандельты, на базе которой начиналось формирование култуков, суглинистые отложения култуков и песчано-глинистые пойменные осадки. При относительно спокойных процессах осадконакопления поверхность култучноравнинных урочищ приобретала плоский характер, и сегодня такие природные комплексы нередко похожи на огромные футбольные поля (рисунок 13). Однако часто рельеф данных ПТК становился грядистым, что выражено в рельефе наличием вытянутых повышений высотой до 1,5 – 2 метров, нередко располагающихся параллельно друг другу и плавно переходящие в окружающие равнинные участки. Появление гряд на култучной основе происходит следующим образом. Водотоки, впадающие в култук, отлагают наносы в виде подводных кос и осередков. В ходе накопления материала они выходят из воды в виде небольших вытянутых островов-гряд. Для них характерно наличие мощного слоя жёлтых и серовато-жёлтых песков, залегающих на култужных суглинках. Пески перекрыты пойменными отложениями разной мощности (Краснова, 1951). В других случаях причиной образования гряд служила

рельефообразующая деятельность смещающихся водотоков, протекающих по плоским равнинам.



Рисунок 13. Плоские култучноравнинные урочища среднего уровня ранней весной, 1,5 км. к юго-западу от с. Сахма (фото автора)

Положение рассматриваемых урочищ относительно меженного уровня воды в водотоках позволяет разделить их на три уровня: низкий, средний и высокий, что откладывает большой отпечаток на внешнем облике формирующихся ПТК. Разница относительных высот колеблется от 1 – 1,5 метров у урочищ низкого уровня до 2,5 – 3 метров у высокого уровня. Это влияет на длительность затопления, застой или быстрый спад полых вод, а также на глубину залегания грунтовых вод после половодья (Цаценкин, 1962). Данный фактор во многом определяет характер почвенно-растительного покрова природных комплексов разного уровня.

Култучноравнинные урочища низкого уровня, как плоские, так и гривистые, формируются на серых и темно-серых глинах и суглинках. На гривах отмечается присутствие тяжёлых супесей. На данных породах сформировались иловато-

болотные, реже луговые темноцветные слитые почвы с признаками оглеения (Болышев, 1962; Бармин и др., 2015; Бармин и др., 2015б;). Растительный покров данных урочищ специфичен, так как его образование идёт в условиях затопления, которое может продолжаться до четырёх месяцев (рисунок 14). Участки с избыточным увлажнением обычно покрыты мощными зарослями тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.). Среди гидрофитов встречаются сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.). На вышедших из-под воды участках получили развитие ситняговые и осоковые луга, причем первые формируются на более увлажненных местообитаниях. На ситняговых лугах доминируют ситняг болотный (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult), кроме которого отмечаются сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Nakai), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla Cyperaceae). Осоковые луга с преобладанием осоки ранней (*Carex praesox* Schreb.) включают в себя бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), дербенник лозный (*Lythrum virgatum* L.), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.), чистец болотный (*Stachys palustris* L.). В некоторых случаях в осоковых лугах встречаются канареечник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert), костер безостый (*Bromopsis inermis* Leyss). Последний чаще всего отмечается по периферии осоковых лугов (Цаценкин, 1962; Черепанов, 1995). На гривистых участках рассматриваемых ПТК после спада полых вод отмечается высыхание и незначительное засоление почв. Индикаторами этого процесса можно считать появление в растительных ассоциациях таких видов как бескильница расставленная (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.), полынь солончаковая (*Artemisia subsalsa* Filatova), солянка сорная (*Salsola tragus* L.) и др. В целом растительность грив урочищ низкого уровня во многом повторяет аналогичную, формирующуюся на плоских култучноравнинных ПТК среднего уровня.



Рисунок 14. Природные комплексы центрального района ландшафта дельты р. Волга (к югу от бугра Чуркинский, Володарский район).

Условные обозначения: 1 – култучноравнинное урочище низкого уровня, плоское;
2 – шлейф бэровского бугра; 3 – бугор Бэра (фото автора)

Образование култучноравнинных урочищ среднего уровня происходит на серых и темно-серых суглинках, реже глинах. Гривы состоят из серых или жёлто-серых супесей различного механического состава. Почвенный покров представлен влажными луговыми слоистыми, луговыми тёмноцветными и луговыми темноцветными слитыми почвами. Гривистые участки нередко отличаются луговыми насыщенными почвами. На плоской поверхности данных урочищ, а также в межгривных понижениях формируются сыроватые и сырые луга, которые в период половодья заливаются на срок до 2,5 месяцев. Сырые луга представлены ситнягово-осоковыми, ситнягово-злаковыми и осоко-злаковыми растительными ассоциациями. Среди злаков преобладают пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), а также костер безостый (*Bromopsis inermis* Leyss). К более редким видам, встречающимся в данных урочищах, относится канареечник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert) и вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth). Из разнотравья встречается чистец болотный (*Stachys palustris* L.), алтей

лекарственный (*Althaea officinalis* L.), молочай уральский и болотный (*Euphorbia uralensis* Fisch. ex Link, *E. Palustris* L.). Реже отмечаются жерушник земноводный (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), подмаренник мареновидный (*Galium rubioides* L.), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla *Cyperaceae*). На гривах култучноравнинных урочищ среднего уровня чаще всего формируются сухие пырейно-разнотравные луга с доминированием пырея ползучего (*Elytrigia repens* L. Nevski), включая девясил британский (*Inula britannica* L.), осоку раннюю (*Carex praecox* Schreb.) и молочай уральский (*Euphorbia uralensis* Fisch. ex Link). К встречаемым здесь видам можно отнести также солодку голую (*Glycyrrhiza glabra* L.), щирицу запрокинутую (*Amaranthus retroflexus* L.). О солончаковатости лугов на гривистых участках, которая возникает в результате капиллярного водоподъема в супесчаных толщах, свидетельствует присутствие кермека Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze) и прибрежницы солончаковатой (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.). Среди култучноравнинных урочищ среднего уровня выделяются пологовогнутые, которые по своим морфологическим признакам занимают промежуточное положение между ПТК низкого и среднего уровня (Цаценкин, 1962; Черепанов, 1995; Валов и др., 2016; Валов и др., 2017).

Култучноравнинные урочища высокого уровня возвышаются над меженным уровнем на 2,5 – 3 метра. Затопление в период половодья данных ПТК происходит нерегулярно, иногда с интервалом в несколько лет. Материнскими породами, на которых происходит формирование луговых слоистых и луговых насыщенных почв, являются серые и коричневатато-серые легкие суглинки, желтовато-серые пески и супеси. На поверхности данных урочищ формируются сухие и свежие луга, по гривам – луга остепненные. Растительность сухих и свежих лугов представлена свиноройно-пырейными, злаково-осоковыми и солодковыми ассоциациями. Широкое распространение здесь получили виды ксерофитной и мезофитной ориентации. Прежде всего это корневищный злак свинорой пальчатый (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), а также пырей ползучий (*Elytrigia repens* L. Nevski) и

солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.). Из разнотравья встречается девясил британский (*Inula britannica* L.), выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), крестовник луговой (*Senecio jacobaea* L.). На самых высоких участках и по гривам в данных урочищах формируются остепненные луга, на которых отмечается засоление почв. Данный тип лугов представлен свинойно-пырейными растительными группировками с большой примесью разнотравья, которое представлено некоторыми видами полыней, вейником наземным (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), латуком татарским (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.), щирицей белой (*Amaranthus albus* L.), дескурайнией Софьи (*Descurainia sophia* Webb (L.) ex Prantl), петросимонией супротиволистной (*Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv.). При переходе от урочищ высокого уровня к среднему формируются солодовые луга с включением додарции восточной (*Dodartia orientalis* L.), костра безостого (*Bromopsis inermis* Leyss), люцерны голубой (*Medicago caerulea* Less. ex Ledeb.), подмаренника настоящего (*Galium verum* L.) и других видов. Усиление засоления приводит к появлению в растительности гривистых урочищ приводит к появлению кермека Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze), прибрежницы солончаковатой (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.), а при нарушении почвенного покрова – тамарикса многоветвистого (*Tamarix ramosissima* L.) (рисунок 15) (Болышев, 1962; Цаценкин, 1962; Бармин и др., 2015; Валов и др., 2017).

Площадные показатели, характеризующие особенности распространения култушноравнинных урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты Волги, представлены в таблице 3 и на рисунке 16.

Анализ данных показывает, что данная группа ПТК занимает около 40% от площади всех природных комплексов исследуемого региона. Наибольшее распространение получили плоские култушноравнинные урочища среднего и низкого уровня. Эти же урочища лидируют в рассматриваемой группе природных комплексов. Замыкают тройку лидеров плоские култушноравнинные урочища высокого уровня. На долю гривистых култушноравнинных урочищ приходится немногим более 4% от всей площади центрального района ландшафта дельты Волги.



Рисунок 15. Култучноравнинное урочище высокого уровня, гривистое с кермеком Гмелина и тамариксом многоветвистым, в 2 км к юго-западу от с. Большой Могой (фото автора)

Среди них вновь преобладают ПТК низкого и среднего уровня. В сумме это составляет более 10% от площади всех култучноравнинных ПТК. Наименьшую часть среди урочищ рассматриваемой группы занимают пологовогнутые среднего и гривистые высокого уровня, на которые приходится не более 2% площади всей группы. Особенности конфигурации и пространственного размещения култучноравнинных урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты представлены на рисунке 17. Как следует из разработанной по результатам проведенных исследований схемы, наибольшее распространение данные ПТК получили по южной и юго-восточной периферии исследуемого региона. Практически отсутствует данная группа урочищ к югу и востоку от г. Астрахани, что соответствует районам наибольшего распространения бэровских бугров в дельте Волги.

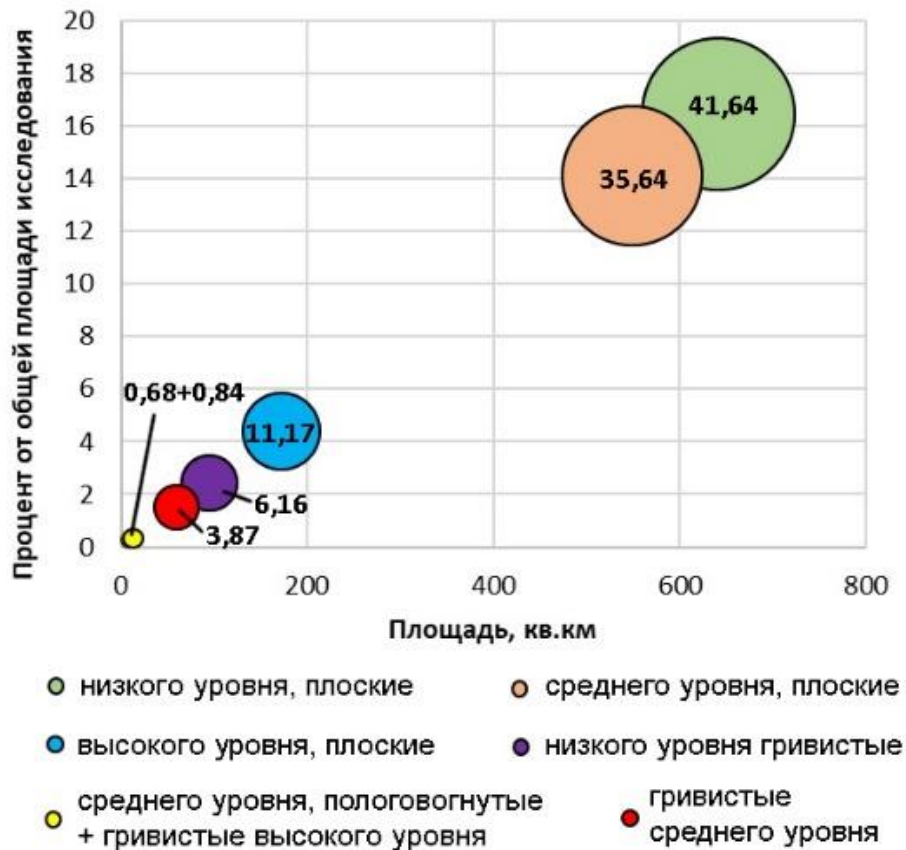


Рисунок 16. Площадные показатели култучноравнинных урочищ в центральном районе ландшафта дельты Волги. Цифры внутри или рядом с кругом обозначают процент от общей площади исследуемой группы урочищ

Можно предположить, что бугры, как грядовые формы рельефа, в местах своей концентрации препятствовали формированию заливов – култуков, и, следовательно, култучных равнин. В некоторых случаях отсутствие рассматриваемых урочищ можно объяснить интенсивными русловыми процессами, в ходе которых сформировались соответствующие им ПТК. На схеме отчетливо видно доминирование плоских култучноравнинных урочищ в своей группе. Имея в отдельности часто неправильные вытянутые очертания, при объединении они принимают несколько округлые, слегка овальные формы, что в определенной мере свидетельствует об особенностях их генезиса. Плоские урочища низкого уровня часто окружены урочищами среднего и высокого уровня, как плоскими, так и гривистыми, а также могут соседствовать с ПТК других групп.

Таблица 3. Площадные показатели култучноравнинных урочищ в центральном районе ландшафта дельты Волги

Наименование ПТК	Площадь, км ²	Процент от общей площади исследования*	Процент от общей площади группы урочищ**
Култучноравнинные урочища низкого уровня, плоские	641,32	16,45	41,64
Култучноравнинные урочища среднего уровня, плоские	548,91	14,08	35,64
Култучноравнинные урочища среднего уровня, пологовогнутые	10,48	0,27	0,68
Култучноравнинные урочища высокого уровня, плоские	171,95	4,41	11,17
Култучноравнинные урочища низкого уровня гравистые	94,87	2,43	6,16
Култучноравнинные урочища гравистые среднего уровня	59,54	1,53	3,87
Култучноравнинные урочища гравистые высокого уровня	12,95	0,33	0,84

* - общая площадь исследуемой территории = 3899,44 км²

** - общая площадь группы исследуемых урочищ = 1490,95 км²

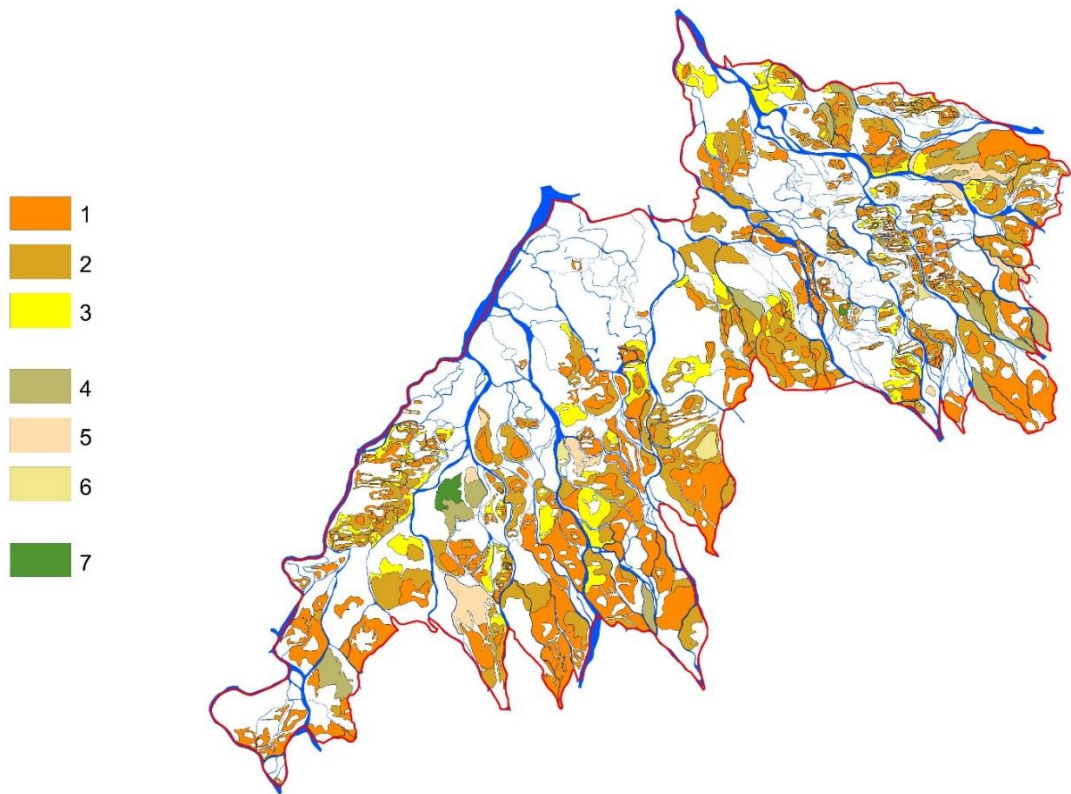


Рисунок 17. Схема пространственного размещения култучноравнинных урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты р. Волги.

Условные обозначения: 1 – култучноравнинные урочища низкого уровня, плоские; 2 – култучноравнинные урочища среднего уровня, плоские; 3 – култучноравнинные урочища высокого уровня, плоские; 4 – култучноравнинные урочища низкого уровня, гривистые; 5 – култучноравнинные урочища среднего уровня, гривистые; 6 – култучноравнинные урочища высокого уровня, гривистые; 7 – култучноравнинные урочища среднего уровня, пологовогнутые
(составлено автором)

Гривистые комплексы в восточной части центрального района ландшафта дельты имеют вытянутую конфигурацию, а в западной – более округлую. Некоторая специфика наблюдается в размещении тех или иных урочищ в пределах исследуемого региона. Для плоских култучноравнинных урочищ низкого уровня характерна концентрация в западной части центральной дельты, с общим тяготением к южной окраине. Плоские комплексы среднего уровня в целом распределяются равномерно по всему центральному району ландшафта дельты.

Локализация урочищ высокого уровня отмечается в западной половине, а также на севере восточной. Гривистые ПТК разных уровней распределены в пределах центрального района ландшафта дельты р. Волги в целом равномерно.

Проведённые исследования позволяют сделать вывод о том, что значительная часть урочищ центрального района ландшафта дельты р. Волга сформировалась на базе мелководных морских заливов – култуков. Это нашло отражение в морфологических особенностях и характере пространственного размещения данных природных комплексов.

3.1.2. Группа русловых урочищ

Помимо группы култучноравнинных урочищ, широкое распространение в центральном районе ландшафта дельты Волги получила группа русловых урочищ, сформированных многочисленными водотоками. Этому свидетельствует наличие в основе данных ПТК песков и супесей мелких и средних фракций, часто глинистых (Краснова, 1951; Большев, 1962). Флювиальный генезис русловых урочищ подтверждается также их конфигурацией, когда длина обычно превышает ширину. Характер поверхности данных природных комплексов меняется от плоского и пологовогнутого до гривистого. В последнем случае в ходе смещения крупных русел происходило формирование вытянутых валообразных повышений – грив – высотой до 1,5 – 2 метров при ширине до нескольких десятков метров. Более мелкие водотоки, часто мигрирующие, в ходе русловой переработки култучных равнин придавали поверхности мелкогривистый характер. Мелкогривистый рельеф часто возникал также в ходе заполнения полыми отложениями высыхающих русел, русловых и руслово-ильменных впадин, понижений между вышедшими из зоны действия русловых потоков речных кос, осередков и т.п.

Положение рассматриваемых урочищ относительно меженного уровня воды в водотоках, как и других групп природных комплексов в исследуемом районе ландшафта дельты, позволяет в большинстве случаев разделить их на три уровня: низкий, средний и высокий, что откладывает большой отпечаток на

внешнем облике формирующихся ПТК. Разница относительных высот колеблется от 1-1,5 метров у урочищ низкого уровня до 2,5 – 3 метров у высокого уровня. Это влияет на длительность затопления, застой или быстрый спад полых вод, а также на глубину залегания грунтовых вод после половодья (Цаценкин, 1962; Занозин, Бармин 2019). Данный фактор во многом определяет характер почвенно-растительного покрова природных комплексов разного уровня.

Генезис плоских русловых урочищ низкого уровня тесно связан с рельефообразующей деятельностью крупных водотоков, вблизи которых и располагаются данные ПТК. Период затопления урочищ низкого уровня до зарегулирования Волги мог продолжаться до четырёх месяцев и более. В таких условиях на серых и темносерых легких суглинках и глинистых песках формировались иловато-болотные, реже луговые темноцветные слитые почвы. Растительный покров представлен зарослями тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) с включением таких гидрофитов как сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.). На переувлажненных участках формируются также ситняковые и осоковые луга, на которых доминируют ситняг болотный (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult.) и осока ранняя (*Carex praecox* Schreb.).

В основе плоских русловых урочищ среднего уровня залегают серо-жёлтые пылеватые пески, над которыми формируются луговые слоистые почвы со свежими, реже сухими лугами. Растительный покров представлен видами мезофитной и ксерофитной ориентации. Это пырей ползучий (*Elytrigia repens* L. Nevski), свинорой пальчатый (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), а также солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.), которая нередко образует отдельные заросли (рисунок 18). Из разнотравья встречается девясил британский (*Inula britannica* L.), выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), крестовник луговой (*Senecio jacobaea* L.). Среди влаголюбивых видов, которые отмечаются на пониженных участках, можно

выделить сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.).



Рисунок 18. Плоские русловые урочища среднего уровня с зарослями солодки голой, 2 км к юго-западу от с. Черемуха (фото автора)

Плоские русловые урочища высокого уровня формируются на основе светлосерых и светложелтых песков средних и крупных фракций. Затапливаются данные ПТК обычно во время высоких половодий, поэтому здесь в условиях некоторого дефицита влаги образуются злаково-разнотравные луга с преобладанием ксерофитов. Свинойно-пырейными растительные группировки включают в себя также вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), латук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C.A.Mey.), щирицу белую (*Amaranthus albus* L.), дескурайнию Софьи (*Descurainia sophia* Webb (L.) ex Prantl), петросимонию супротиволистную (*Petrosimonia oppositifolia* (Pall.) Litv.).

На пологовогнутых участках, располагающихся вблизи крупных водотоков, возникли соответствующие русловые урочища низкого уровня. Специфичный рельеф способствовал накоплению здесь серых и темносерых легких суглинков и глинистых песков, на базе которых при избытке влаги формировались иловато-

болотные, реже луговые темноцветные почвы с признаками оглеения. Местообитания с избыточным увлажнением обычно покрыты мощными зарослями тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.). Среди гидрофитов отмечаются сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L.), жерушник земноводный (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.). На вышедших из-под воды участках получили развитие ситняговые и осоковые луга. На ситняговых лугах преобладает ситняг болотный (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult), кроме которого отмечаются сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla). Осоковые луга с осокой ранней (*Carex praecox* Schreb.) включают в себя бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), дербенник лозный (*Lythrum virgatum* L.), вербейник обыкновенный (*Lysimachia vulgaris* L.), чистец болотный (*Stachys palustris* L.) (Цаценкин, 1962; Черепанов 1995).

Пологоволнистые русловые урочища возникали, вероятно, на базе гривистых высокого уровня, которые подвергались периодическому воздействию вод в период половодья. Вытянутые повышения данных природных комплексов плавно переходят в пониженные участки аналогичной конфигурации. Несколько специфичный генезис предопределил выделение пологоволнистых урочищ только среднего и высокого уровней. В первом случае на повышенных участках шло накопление светлосерых и серо-желтых глинистых песков и легких суглинков по понижениям с соответствующим им влажными луговыми слоистыми и луговыми темноцветными слоистыми почвами. Растительность урочищ среднего уровня представлена влажными и сырыми лугами. Русловые пологоволнистые урочища высокого уровня обычно покрыты специфичными лесами ленточного, или галерейного типа из ивы белой (*Salix alba* L.), тополя черного (*Populus nigra* L.), реже белого (*Populus alba* L.).

Гривистые русловые урочища по своим морфологическим показателям схожи с пологоволнистыми, отличаясь от них более четкими очертаниями и

резкими перепадами высот между гривами и понижениями. Гривистые участки урочищ низкого уровня, сложенные обычно серовато-желтыми супесями, сменяются на серые мелкие глинистые пески в понижениях. Таким же образом меняется и почвенный покров от луговых тёмноцветных к луговым темноцветным слитым почвам. На межгривных участках формируются влажные и сыроватые ситняково-осоковые и ситняково-осоково-пырейные луга. Доминирующими видами являются ситняг болотный (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult) и осока ранняя (*Carex praecox* Schreb.). Пырей ползучий (*Elytrigia repens* L. Nevski) больше тяготеет к гривам. Из разнотравья встречается чистец болотный (*Stachys palustris* L.), алтей лекарственный (*Althaea officinalis* L.), молочай уральский и болотный (*Euphorbia uralensis* Fisch. ex Link, *E. palustris* L.).

Образование русловых гривистых урочищ среднего уровня (рисунок 19) происходило на песчаных отложениях, на которых сформировались луговые слоистые почвы. Свежие луга по понижениям, на которых преобладают злаково-осоковые и солодковые ассоциации с осокой ранней (*Carex praecox* Schreb.), солодкой голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) и пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L.), сменяются сухими свинойно-пырейными, в которых в случаях слабого засоления отмечаются галофиты. Сухие луга представлены пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L. Nevski), свиноем пальчатым (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) с включением разнотравья из полыни австрийской (*Artemisia austriaca* Jacq.), вейника наземного (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), латука татарского (*Lactuca tatarica* L.), щирицы белой (*Amaranthus albus* L.), дескурайнии Софьи (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl), петросимонии супротиволистной (*Petrosimonia oppositifolia* Pall. Litv.). Усиление засоления приводит к появлению в растительности гривистых русловых урочищ среднего уровня кермека Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze) и прибрежницы солончаковатой (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.).

Мелкогривистые русловые урочища представлены невысокими, чаще до одного метра, вытянутыми повышениями различной ширины и соответствующим им понижениями. Они могут располагаться параллельно друг другу или хаотично, что отражает динамичный характер мелких и средних водотоков, их

формирующих. Для данных природных комплексов также свойственна уровенная иерархия. Урочища низкого и среднего уровней по своим морфологическим особенностям во многом схожи с русловыми гривистыми аналогичных отметок. Отличаются они более тяжелым механическим составом материнских пород и конфигурацией. Мелкогривистые урочища высокого уровня сложены желтовато-серыми песками и супесями на возвышенных участках и коричневатого-серыми суглинками по понижениям. На луговых слоистых почвах формируются злаково-разнотравные луга с преобладанием ксерофитов.



Рисунок 19. Русловые гривистые урочища среднего уровня с искусственными лесопосадками, 1 км к северу от п. Волго-Каспийский (фото автора)

К группе русловых урочищ в центральном районе ландшафта дельты Волги относятся также прирусловые валы – валообразные поднятия, формирующиеся вдоль русел водотоков. Высота их может достигать 1 – 1,5 метров при ширине до нескольких десятков метров. Литологически валы представлены чередованием песчано-супесчаного и глинистого материалов, откладывающихся водным потоком, выходящим из основного русла в период половодья. Поверхность данных

ПТК обычно занята тростниково-рогозовыми зарослями или ленточными (галерейными) лесами.

Площадные показатели, характеризующие особенности распространения русловых урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты Волги, представлены в таблице 4 и на рисунке 20. Особенности конфигурации и пространственного размещения русловых урочищ в пределах исследуемого региона представлены на рисунке 21.

Как следует из схемы, выполненной по результатам проведенных исследований, данные природные комплексы в целом равномерно распределены в центральном районе ландшафта дельты. Конфигурация русловых урочищ различна: от резких очертаний у мелкогивистых до плавных границ у плоских, пологовогнутых, пологоволнистых и гивистых.

Мелкогивистые русловые урочища равномерно размещены в границах исследуемого района ландшафта дельты р. Волги. Они занимают наибольшие площади в рассматриваемой группе урочищ, что составляет более 76 %. Концентрация урочищ низкого уровня отмечается в центре восточной половины центрального района, а также на севере и юге западной. Данные ПТК могут быть представлены как узкими, вытянутыми участками с очень резкими очертаниями, так и относительно крупными массивами с плавными контурами, локализация которых отмечается в юго-западной части исследуемого района.

В первом случае своей конфигурацией мелкогивистые урочища нередко обязаны бэровским буграм, вызывающим резкие смещения водотоков от начального направления движения, во втором – рельефообразующей деятельности средних и крупных водотоков. По площадным показателям мелкогивистые урочища низкого уровня лидируют в группе русловых комплексов, занимая свыше 44 % их площади и более 16 % всего центрального района ландшафта дельты. Мелкогивистые русловые урочища среднего и высокого уровней в основном отмечаются в центре, а также в западной половине исследуемого региона. Мелкогивистые ПТК среднего уровня по своим площадным показателям занимают второе место в группе русловых урочищ.

Таблица 4. Площадные показатели русловых урочищ в центральном районе ландшафта дельты р. Волга

Наименование ПТК	Площадь, км ²	Процент от общей площади исследования*	Процент от общей площади группы урочищ**
Русловые урочища высокого уровня, плоские	14,0	0,36	0,97
Русловые урочища среднего уровня, плоские	44,5	1,14	3,08
Русловые урочища низкого уровня, плоские	65,8	1,69	4,55
Мелкогривистые русловые урочища высокого уровня	60,5	1,55	4,18
Мелкогривистые русловые урочища среднего уровня	402,5	10,32	27,82
Мелкогривистые русловые урочища низкого уровня	640,2	16,42	44,24
Русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые	68,0	1,74	4,7
Русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые	23,5	0,6	1,62
Русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые с ленточными лесами	7,2	0,18	0,5
Русловые урочища низкого уровня, гривистые	37,6	0,95	2,6
Русловые урочища среднего уровня, гривистые	62,8	1,61	4,34
Прирусловые валы	20,8	0,53	1,44

* общая площадь исследуемой территории - 3899,44 км².

** общая площадь группы исследуемых урочищ - 1447,4 км².

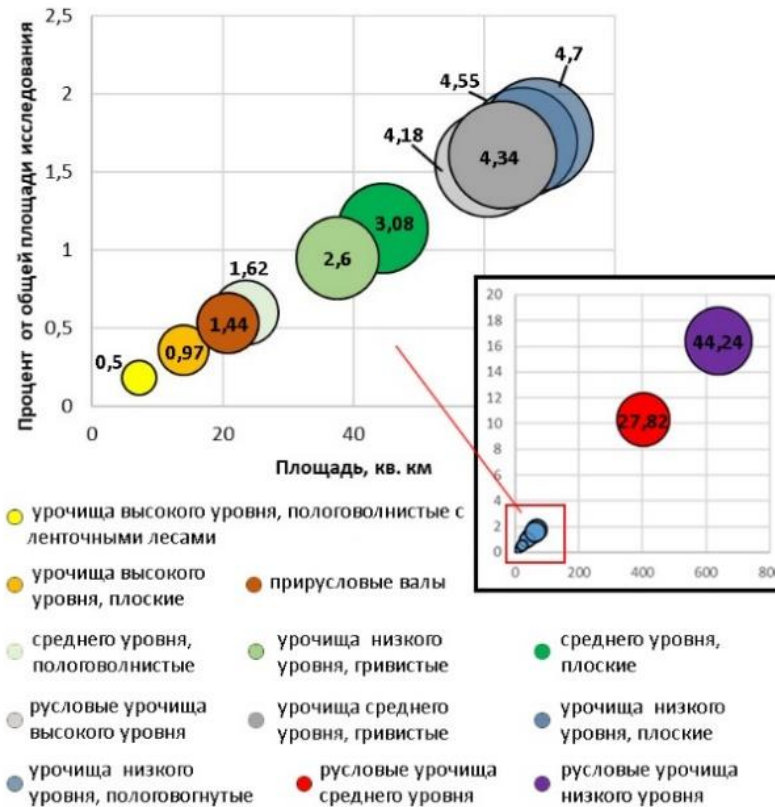


Рисунок 20. Площадные показатели русловых урочищ в центральном районе ландшафта дельты Волги. Цифры внутри или рядом с кругом обозначают процент от общей площади исследуемой группы урочищ

Русловые плоские, пологовогнутые и пологоволнистые урочища представлены крупными, вытянутыми вдоль водотоков массивами с достаточно плавными очертаниями. Они сконцентрированы на севере восточной части, в центре западной и особенно выделяются в центре исследуемого региона. Данные урочища являются результатом деятельности как современных, так и древних крупных водотоков, что и нашло отражение в их морфологических особенностях. В группе русловых урочищ их площадь превышает 15 %, от всего центрального района ландшафта дельты на них приходится около 6 %.

Распределение русловых гривистых урочищ носит четко выраженный характер: ПТК среднего уровня размещены в западной половине, исследуемого региона, а низкого в восточной. Площадные показатели гривистых урочищ разного уровня не превышают 7 % в группе русловых комплексов и составляют чуть более 2,5 % от всей исследуемой площади. В целом в группе русловых урочищ с учетом

высотных отметок и площадных показателей лидируют урочища низкого уровня, на которые приходится свыше 56 % площади, занимаемой русловыми ПТК, и более 20 % всей центральной района ландшафта дельты.

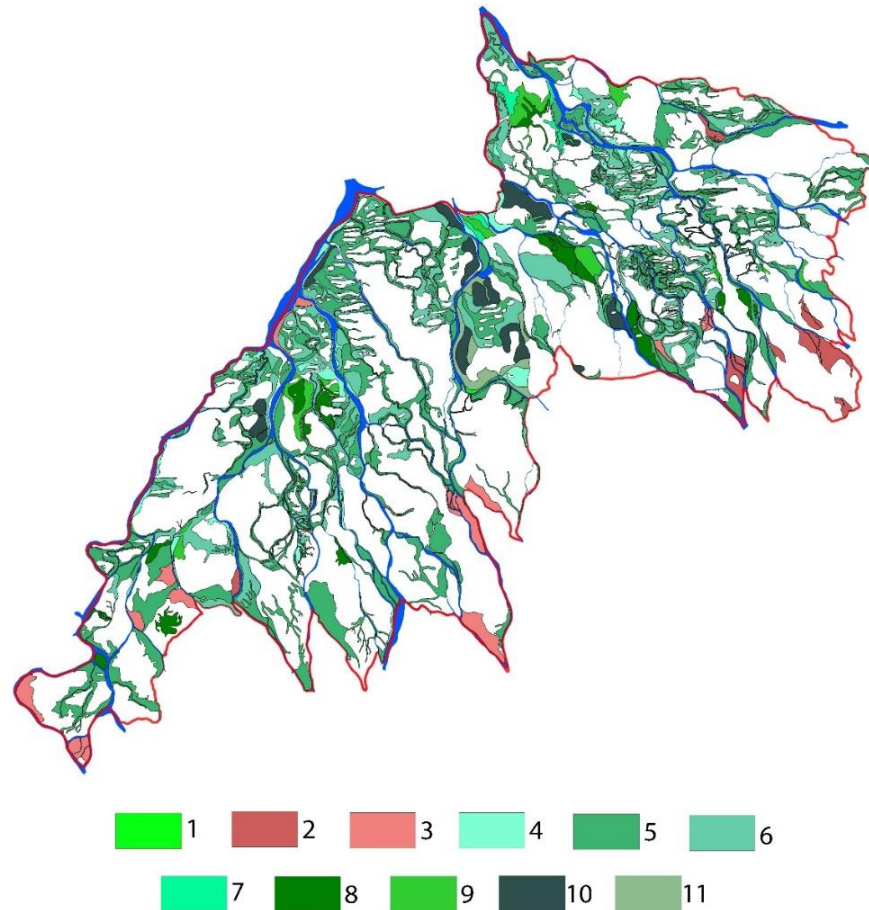


Рисунок 21. Схема пространственного размещения русловых урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты р. Волга.

Условные обозначения: 1 – русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые с ленточными лесами; 2 – русловые урочища низкого уровня, гривистые; 3 – русловые урочища среднего уровня, гривистые; 4 – мелкогривистые русловые урочища высокого уровня; 5 – мелкогривистые русловые урочища низкого уровня; 6 – мелкогривистые русловые урочища среднего уровня; 7 – русловые урочища высокого уровня, плоские; 8 – русловые урочища низкого уровня, плоские; 9 – русловые урочища среднего уровня, плоские; 10 – русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые; 11 – русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые (составлено автором)

3.1.3. Группа бугровых урочищ

Урочища бэровских бугров, или бугров Бэра (далее ББ), получили широкое распространение как в Прикаспийской низменности, так и дельте Волги (рисунок 22). Особенности их распространения, геологического строения, морфологии и происхождения посвящено большое количество публикаций (Рычагов, 1958; Бадюкова, 2005; Свиточ, Ключевиткина, 2006; Рычагов, 2009).

Именно бэровские бугры придают своеобразный облик морфологической структуре центрального района ландшафта дельты Волги, выступая в роли своеобразных ландшафтных реперов рассматриваемого региона. Из отличительных особенностей бугров, расположенных в исследуемом районе ландшафта волжской дельты, следует отметить, что они в целом отличаются несколько меньшими параметрами, чем у аналогичных комплексов в других частях Северного Прикаспия.

Одним из первых, кто упомянул о буграх, можно считать С. Гмелина (Гмелин, 1777), который писал, что пространство между Астраханью и морем (Каспийским) очень болотисто, но к счастью местных жителей в этом районе нет недостатка в буграх. Однако первое описание внутреннего строения бугров приведено К. Бэром (Бэр, 1856) и они справедливо носят его имя.

Бугры Бэра определяют сложный рисунок гидрографической сети, вызывая разветвление, соединение и изгибы рукавов Волги. Бэровские бугры могут быть разбросаны по всей территории того или иного острова, могут концентрироваться в одном месте, соединяясь друг с другом, могут занимать одиночное положение.

Длина данных ПТК колеблется от одного до восьми километров при ширине от ста до шестисот метров. Средние отметки относительных высот составляют 5–12 м, достигая иногда 20–22 м. Вершины бугров плоские, реже слабовыпуклые. Бэровские бугры, как правило, асимметричные. Крутизна южных склонов 2–4°, северных – 6–10°. Бугры обычно асимметричны и по продольной оси, с пологим западным склоном и крутым восточным (до 30°). Наивысшая точка на гребне бугра обычно расположена ближе к его восточному краю и лишь изредка в средней части.



Рисунок 22. Бэровский бугор в центральном районе ландшафта дельты Волги
(бугор 2-й Сахминский, фото автора)

Южные склоны, чаще в верхней своей части, густо изрезаны мелкими рытвинами эрозионного происхождения глубиной 0,1–0,5 м. Образуются они, в основном, во время коротких, но интенсивных летних ливней. В строении бэровских бугров участвуют три основных элемента: цоколь (ядро), бугровая толща, слагающая ядро бугра, и верхнебугровые отложения (Рычагов, 1958; Белевич, 1979; Головачев, 2017; Дельта Волги..., 2019).

Ядро бэровских бугров сложено типичными, так называемыми «шоколадными» глинами нижнехвалынского возраста, мощность которых в разрезах достигает 2–3 метров. Такое название они получили по своей особой окраске. Наибольшая мощность глин обычно наблюдается в центре бугров. По направлению к межбугровым понижениям мощность их уменьшается, в понижениях между буграми они оказываются полностью срезанными.

Ядро бэровских бугров покрыто мощным слоем бугровой толщи. Максимальной мощности она достигает в центральной части бугра -до 10-15м. Бугровая толща сложена, как правило, буро-жёлтой глиной обыкновенно со

значительной примесью песка и небольшой примесью извести от разрушенных раковин, принадлежащих к видам: *Cardium trigonoides*, *Dreissena polymorpha*, *D. rostiformis*, *D. caspia* и *Paludina achatina* (рисунок 23).



Рисунок 23. Хорошо различимая прожилка раковинного детрита в бугровой толще (фото автора)

Бугровая толща имеет косослоистое залегание, меняющееся от основания к вершине от 0° до 22° . Иногда бугры состоят из одного только песка, причем поверхность их чрезвычайно плотная. Верхняя часть бэровских бугров представлена континентальными верхнехвалынскими отложениями, залегающими на верхнехвалынских морских отложениях и нижнехвалынских шоколадных глинах (Рычагов, 1958; Свиточ, Клювиткина, 2004).

Для ББ характерны разнообразные типы слоистости отложений: простые, диагональные и субгоризонтальные, реже линзовидные и волнистые, слойки в разных сочетаниях образуют сложные текстуры (Свиточ, Клювиткина, 2004; Дельта Волги..., 2019). Примечательно, что разный тип слоистости бугровой

толщи может встречаться в одном бугре (рисунок 24), что указывает на разнообразие обстановок накопления и генетической принадлежности отложений.

Породы, слагающие бэровские бугры, отличаются также большой сухостью. Бугровая толща из-за низкого содержания карбонатов цементации почти не подвержена и в результате хорошо фильтрует воду. На поверхности бугров Бэра формируются бурые полупустынные почвы. Основной естественной растительностью бугров является разнотравно-полынные ассоциации, в которых доминируют полынь Лерха (*Artemisia lercheana* Weber ex Stechm.) и житняк сибирский (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy), а также кохия простертая (*Kochia prostrata* (L.) Schrad). Из других видов часто встречаются эфемеры и эфемероиды: гусиный лук луковичный (*Gagea bulbifera* (Pall.) Salisb.), ирис карликовый (*Iris pumila* L.), костенец липкий (*Holosteum glutinosum* (M. Bieb.) Fisch. & C.A. Mey.), проломник большой (*Androsace maxima* L.) К наиболее встречаемым ксерофитам относятся курчавка колючая (*Atraphaxis spinosa* L.) и анабазис безлистный (*Anabasis aphylla* L.).

В большинстве случаев бугры окружены шлейфами. Шлейфы бэровских бугров – полого-наклонные равнины, которые по своему происхождению представляют бугровой делювий. На их поверхности формируются бурые полупустынные, дерново-опустынивающиеся карбонатные или луговые солончаковые почвы с остепненными прибрежницево-разнотравными лугами, включающие прибрежницу солончаковатую (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.), горчак ползучий (*Acroptilon repens* (L.) DC.), астру солончаковую (*Tripolium pannonicum* ssp. *tripolium* (L.) Greuter), ширицу белую (*Amaranthus albus* L.), солянку древовидную (*Salsola dendroides* Pall.).

Если верхняя часть шлейфа соприкасается непосредственно с телом бугра, то нижняя может взаимодействовать с любым урочищем, окружающим бэровский бугор. Чаще всего наиболее четко выделяется северная половина шлейфа, примыкающая к более крутому склону бугра. Пологий южный склон переходит в шлейф очень плавно, что нередко вызывает трудности в его диагностике. Определение ширины шлейфов всегда является проблематичным. Они могут

залегать на русловых или култучных отложениях, могут быть покрыты ими, что и приводит к колебаниям данного морфометрического показателя.



а



б



в

Рисунок 24. Типы разной слоистости (текстур) толщи бугров Бэра: а – простая диагональная; б – простая горизонтальная; в – смешанные типы слоистости в разрезе толщи одного бугра (фото автора)

Бэровские бугры с окружающими их шлейфами плавно переходят в межбугровые понижения. В ходе длительного ландшафтогенеза дельты Волги многие из них стали основой для формирования култучноравнинных и русловых урочищ, ильменей и других ПТК. Поэтому площадь их значительно сократилась. В данном исследовании к межбугровым урочищам были отнесены те комплексы, которые четко выделяются в межбугровых понижениях, не занятых другими геосистемами. Для данных ПТК, как и для большинства других в исследуемом районе ландшафта дельты Волги, характерна уровенная соподчиненность.

Межбугровые урочища высокого уровня представляют собой пологонаклонные равнины, начинающиеся от собственно бугров или их шлейфов. Сложены они чаще всего коричневато-желтыми супесями или легкими суглинками, на которых формируются бурые полупустынные или дерново-опустынивающиеся почвы. Растительность ксерофитной ориентации представлена солянкой древовидной (*Salsola dendroides* Pall.), солянкой листовенничной (*Salsola laricina* Pall.), комфоросмой монпельйской (*Camphorosma monspeliaca* L.), верблюжьей колючкой (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), полынью австрийской (*Artemisia austriaca* Jacq.). Встречаются одиночно стоящие деревья или небольшие заросли лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.), а также тамарикса многоветвистого (*Tamarix ramosissima* Ledeb.), травянистый покров между которыми представлен пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L. Nevski), сведой высокой и запутанной (*Suaeda altissima* (L.) Pall., *Suaeda confusa* Iljin).

Межбугровые урочища среднего уровня, также имеющие наклон к центру межбугрового понижения, формируются на основе серых и коричневато-серых суглинков и супесей. На лугово-бурых почвах формируется злаково-полынная и злаково-разнотравная растительность со свиноем пальчатым (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), солянкой древовидной (*Salsola dendroides* Pall.), прибрежницей солончаковатой (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.), пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L. Nevski), клубнекамышом морским (*Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla). При засолении почв появляются галофиты такие как полынь солончаковая

(*Artemisia nitrosa* Web.ex Stechm.), кермек Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze).

Межбугровые урочища низкого уровня обычно представлены пологовогнутыми равнинными участками, сложенными серыми и желтоватыми глинистыми песками, супесями и суглинками. При избыточном увлажнении здесь формируются аллювиальные болотные или иловато-перегноино-глеевые почвы, при более лучших дренажных условиях - луговые солончаковые. Растительность в зависимости от степени увлажнения и засоления почв варьирует от тростниково-рогозовой до злаково-осоковой и галофитов. При избытке влаги основными видами являются рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.), и тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud). Луговые сообщества межбугровых урочищ низкого уровня представлены пыреем ползучим (*Elytrigia repens* L. Nevski), канареечником тростниковидным (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert), прибрежницей солончаковой (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.). При избыточном засолении, на образующихся солончаках преобладают сведа запутанная (*Suaeda confusa* Iljin), кермек Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze), солерос обыкновенный (*Salicornia europaea* L.), сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Vieb.). Необходимо отметить, что солончаки, часто отмечаемые на шлейфах и межбугровых урочищах, а также и в остальных группах ПТК, по своему рангу относятся к уровню фаций и подурочищ, изучение и картирование которых не входило в задачи проведенного исследования.

Площадные показатели бэрзовских бугров, шлейфов бугров и межбугровых урочищ в центральном районе ландшафта дельты Волги представлены в таблице 5 и на рисунке 25. Анализ таблицы показывает, на данную группу урочищ приходится около 11 % площади исследуемого района ландшафта дельты Волги. Из них 7 % приходится на бугры Бэра и окружающие их шлейфы, которые занимают примерно одинаковые площади. Как показали выполненные исследования, на долю межбугровых урочищ приходится около 4% от всей площади центрального района ландшафта дельты Волги. Вероятно, на начальных этапах развития дельты этот показатель был значительно выше, однако в

дальнейшем данные ПТК послужили основой для формирования урочищ других групп, в первую очередь култучноравнинных и русловых.

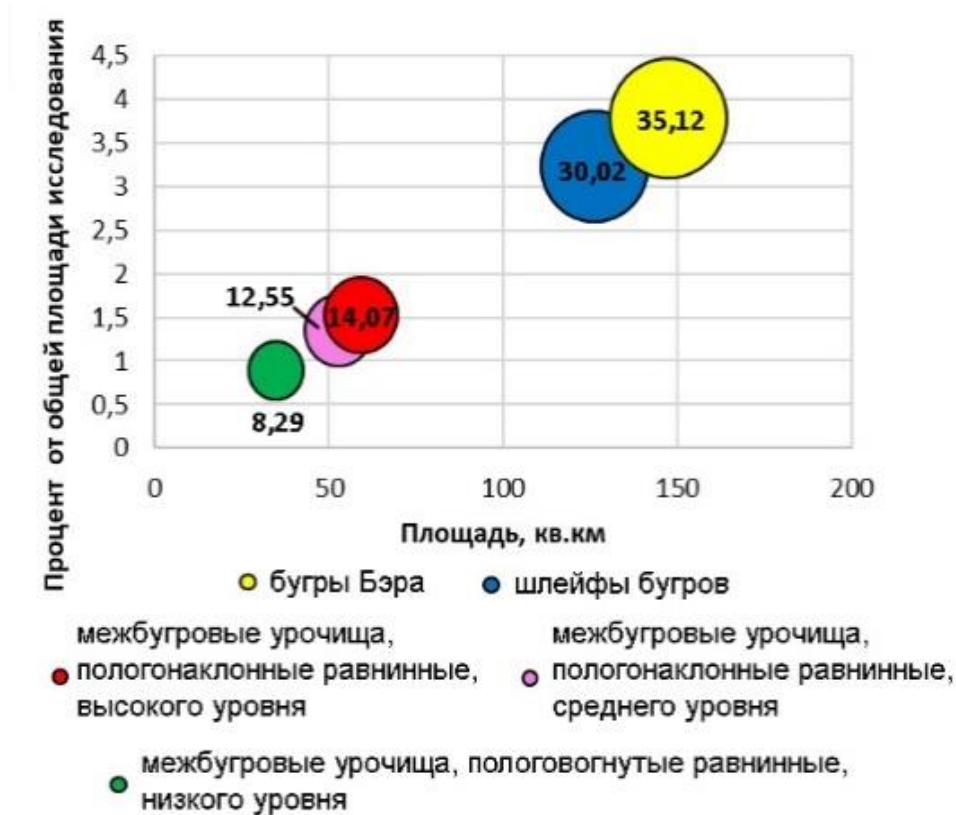


Рисунок 25. Площадные показатели бугровых урочищ в центральном районе ландшафта дельты Волги. Цифры внутри или рядом с кругом обозначают процент от общей площади исследуемой группы урочищ

Особенности пространственного размещения группы бугровых урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты Волги представлены на рисунке 26. Анализ пространственного размещения ПТК данной группы показывает три наиболее крупных места их концентрации. Первое располагается на западе исследуемого района ландшафта дельты Волги, между рукавами Бахтемир и Волга. Кроме этого, наибольшая концентрация группы бугровых урочищ отмечается к югу и юго-востоку от г. Астрахани, а также к юго-востоку и югу от поселка Володарский. Помимо перечисленных участков, концентрация бэровских бугров и сопутствующих им урочищ отмечается на юго-западе и северо-востоке центрального района ландшафта дельты р. Волги.

Таблица 5. Площадные показатели бэровских бугров, шлейфов бугров и межбугровых урочищ в центральном районе ландшафта дельты р. Волга

Наименование ПТК	Площадь, км ²	Процент от общей площади исследования*	Процент от общей площади группы урочищ**
Бугры Бэра	126,1	3,23	30,02
Шлейфы бугров	147,5	3,78	35,12
Межбугровые урочища, пологовогнутые равнинные, низкого уровня	34,8	0,89	8,29
Межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, среднего уровня	52,7	1,35	12,55
Межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, высокого уровня	59,1	1,52	14,07

* общая площадь исследуемой территории – 3899,44 км².

** общая площадь группы исследуемых урочищ – 420,2 км².

3.1.4. Группа урочищ, сформировавшихся на основе морских островов

Наименьшее распространение среди ПТК центрального района ландшафта дельты р. Волги получили гривистые урочища, сформировавшиеся на основе морских островов. Они достаточно хорошо диагностируются по желтовато-зеленоватым и желтовато-серым пескам и супесям, лежащим в их основании (рисунок 27). В рельефе эти урочища проявляются в виде положительных форм

неправильной, реже округлой или овальной конфигурации с относительной высотой до 2 – 2,5 м.

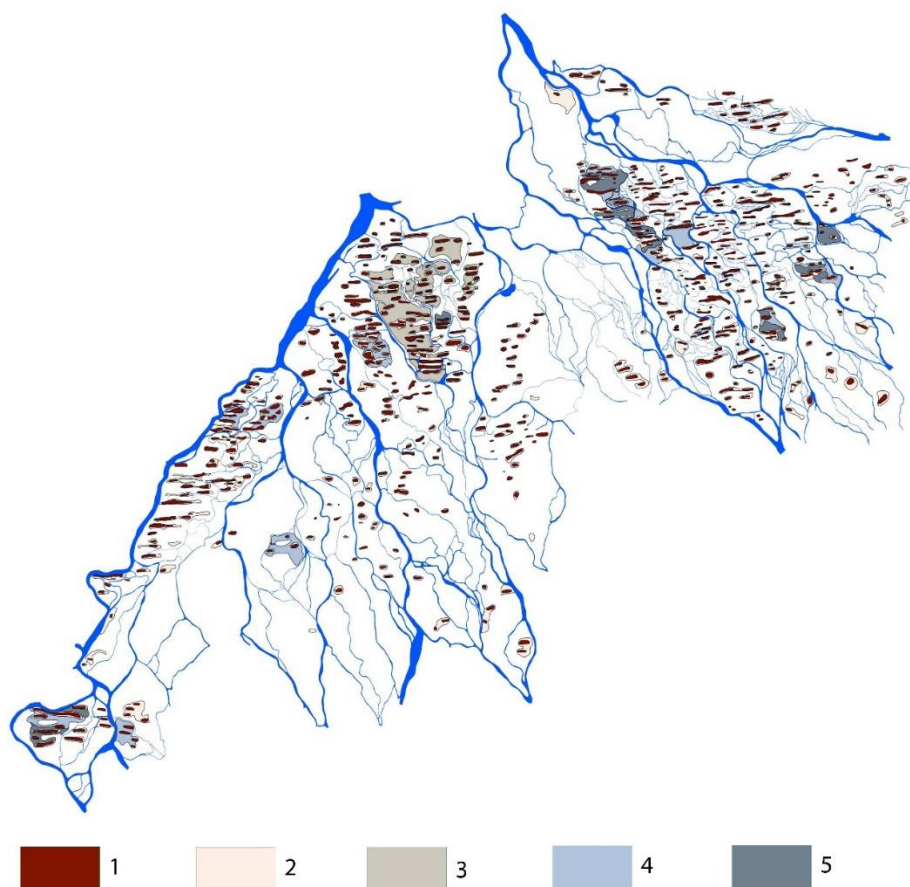


Рисунок 26. Схема пространственного размещения группы бугровых урочищ в пределах центрального района ландшафта дельты р. Волга.

Условные обозначения: 1 – бугры; 2 – шлейфы; 3 – междугровые урочища, пологонаклонные равнинные, высокого уровня; 4 – междугровые урочища, пологонаклонные равнинные, среднего уровня; 5 – междугровые урочища, пологовогнутые равнинные, низкого уровня (составлено автором)

Для рассматриваемых комплексов также, как и для основной части ПТК центрального района ландшафта дельты, характерна уровенная дифференциация. Однако в данном случае она обусловлена, на наш взгляд, не положением урочищ

относительно меженного уровня воды в водотоках, а их морфометрическими особенностями.



Рисунок 27. Желтовато-серые пески в основании гривистых урочищ, сформировавшихся на месте морских островов, 2 км к северу от с. Образцово-Травино (фото автора)

В виду литологических особенностей растительность данных урочищ представлена видами ксерофитной ориентации. Урочища низкого уровня, сложенные серо-желтыми легкими суглинками, представлены свинойно-пырейными сухими лугами и солодково-тамариковыми группировками на слабо солонцеватых почвах. ПТК среднего и высокого уровня, сформировавшиеся на основе желтовато-серых супесей и глинистых песков, покрыты остепненными свинойно-пырейными и прибрежноцено-разнотравными лугами на слабо засоленных почвах. Как показывают выполненные исследования, площадь гривистых урочищ, сформировавшихся на основе морских островов, составляет чуть более 1% от всего центрального района ландшафта дельты. Основная их часть

сосредоточена в западной половине исследуемого региона и имеет достаточно четкую локализацию. Урочища низкого уровня располагаются к северу-северо-востоку от с. Чулпан, среднего уровня – к северу и востоку от с. Образцово-Травино, ПТК высокого уровня выделены в окрестностях с. Самосделка.

Полученные в ходе проведенных исследований сведения об особенностях морфологической структуры послужили основой для выполнения ландшафтной картосхемы центрального района ландшафта дельты реки Волга, которая представлена на рисунке 28 (легенда к схеме представлена в таблице 6).

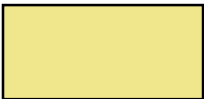
Таблица 6. Условные обозначения к картосхеме коренных урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга

№	Обозначение	Описание
<i>Группа русловых урочищ</i>		
1		Русловые урочища высокого уровня, плоские, на светложелтых и светлосерых песках, со злаково-разнотравными лугами и преобладанием ксерофитов на луговых слоистых почвах.
2		Русловые урочища среднего уровня, плоские, на серо-желтых пылеватых песках, со свежими, реже сухими лугами на луговых слоистых почвах.
3		Русловые урочища низкого уровня, плоские, на серых и темносерых легких суглинках и глинистых песках, с тростниково-рогозовой растительностью, реже с переувлажненными лугами на иловато-болотных, реже луговых темноцветных слитых почвах.
4		Мелкогривистые русловые урочища низкого уровня, сложенные серыми и темносерыми суглинками и глинами, с влажными и сыроватыми ситняково-осоковыми и ситняково-осоково-пырейными лугами, с большой примесью разнотравья на луговых темноцветных и луговых темноцветных слитых почвах.
5		Мелкогривистые русловые урочища среднего уровня, сложенные серыми и желто-серыми суглинками и супесями, со свежими, реже сухими лугами на луговых слоистых почвах с появлением галофитов при засолении почв.
6		Мелкогривистые русловые урочища высокого уровня, сложенные желтовато-серыми песками и супесями, коричневатого-серыми легкими суглинками, со злаково-разнотравными лугами и преобладанием ксерофитов на луговых слоистых почвах.

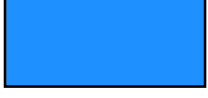
Продолжение таблицы 6. Условные обозначения к картосхеме коренных урочищ
центрального района ландшафта дельты реки Волга

7		Русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые, на серых и темносерых легких суглинках и глинистых песках, с тростниково-рогозовой растительностью, реже с переувлажненными лугами на иловато-болотных, реже луговых темноцветных слитых почвах с признаками оглеения.
8		Русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые, на светлосерых и серо-желтых глинистых песках и легких суглинках, с влажными лугами на влажных луговых слоистых почвах и переувлажненными лугами на луговых темноцветных слитых почвах.
9		Русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые, на светложелтых и светлосерых песках, с ленточными лесами из ивы белой, тополя черного, реже белого.
10		Русловые урочища среднего уровня, гривистые, на светложелтых и светлосерых мелких и средних песках, со свежими, реже сухими лугами на луговых слоистых почвах с появлением галофитов при засолении почв.
11		Русловые урочища низкого уровня, гривистые, на серых и серовато-желтых мелких глинистых песках и супесях, с влажными и сыроватыми ситняково-осоковыми и ситняково-осоково-пырейными лугами, большой примесью разнотравья на луговых темноцветных и луговых темноцветных слитых почвах.
<i>Группа култучных урочищ</i>		
12		Култучноравнинные урочища низкого уровня, плоские, сложенные серыми и темносерыми глинами, реже суглинками, с тростниково-рогозовой растительностью, реже с переувлажненными лугами на иловато-болотных, реже луговых темноцветных слитых почвах с признаками оглеения.
13		Култучноравнинные урочища среднего уровня, плоские, сложенные серыми и темносерыми суглинками, с влажными лугами на влажных луговых слоистых и луговых темноцветных почвах.
14		Култучноравнинные урочища высокого уровня, плоские, сложенные серыми легкими суглинками, с пырейно-разнотравными и пырейно-осоковыми лугами на луговых насыщенных почвах.
15		Култучноравнинные урочища низкого уровня гривистые, сложенные серыми и темносерыми глинами, суглинками и супесями, с тростниково-рогозовой растительностью на иловато-болотных почвах в межгивных понижениях и переувлажненными лугами на луговых темноцветных слитых почвах с признаками оглеения на гривах.

Продолжение таблицы 6. Условные обозначения к картосхеме коренных урочищ
центрального района ландшафта дельты реки Волга

16		Култучноравнинные урочища гривистые среднего уровня, сложенные серыми суглинками, супесями, желто-серыми супесями, с влажными лугами на гривах и переувлажненными лугами на влажных луговых слоистых и луговых темноцветных слитых почвах в межгривных понижениях.
17		Култучноравнинные урочища гривистые высокого уровня, сложенные желтовато-серыми песками и супесями, коричневатого-серыми легкими суглинками, с пырейно-разнотравными лугами на гривах и пырейно-осоковыми лугами на луговых насыщенных и влажных луговых слоистых почвах в межгривных понижениях.
18		Култучноравнинные урочища среднего уровня, пологовогнутые, сложенные серыми и темносерыми суглинками, реже глинами, с влажными лугами на влажных луговых слоистых и луговых темноцветных почвах с признаками оглеения.
<i>Группа бугровых урочищ</i>		
19		Межбугровые урочища, пологовогнутые равнинные, низкого уровня, сложенные серыми и желтоватыми глинистыми песками, супесями, реже легкими суглинками, с тростниково-рогозовой и злаково-осоковой растительностью на аллювиальных болотных иловато-перегнойно-глеевых почвах.
20		Межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, среднего уровня, сложенные серыми и коричневатого-серыми суглинками и супесями, со злаково-полынной, злаково-разнотравной растительностью на лугово-бурых почвах.
21		Межбугровые урочища, пологонаклонные равнинные, высокого уровня, сложенные коричневатого-желтыми супесями и легкими суглинками, с ксерофитной растительностью на бурых полупустынных почвах.
22		Бэровские бугры: гряды супесчано-суглинистые со злаково-белопопынной, пыльно-эфемерной и пыльно-солянковой растительностью на бурых полупустынных почвах.
23		Шлейфы бугров: полого-наклонные равнины на супесчано-суглинистых делювиально-аллювиальных отложениях с белопопынно-камфоросмовой растительностью на аллювиально-дерново-опустынивающихся карбонатных почвах.

Продолжение таблицы 6. Условные обозначения к картосхеме коренных урочищ
центрального района ландшафта дельты реки Волга

<i>Группа урочищ, сформированных на основе морских островов</i>		
24		Гривистые урочища низкого уровня, сформировавшиеся на основе морских островов, сложенные серо-желтыми легкими суглинками, со свинойно-пырейными сухими лугами и солодково-тамариковыми группировками на слабо солончаковых почвах
25		Гривистые урочища среднего уровня, сформировавшиеся на основе морских островов, сложенные желтовато-серыми мелкозернистыми супесями и глинистыми песками, с остепненными свинойно-пырейными лугами на луговых слабо засоленных почвах.
26		Гривистые и крупногривистые урочища высокого уровня, сформировавшиеся на основе морских островов, сложенные желтовато-серыми мелкозернистыми супесями, с остепненными прибрежноцево-разнотравными и сухими лугами на луговых солончаковых почвах.
<i>Прочие урочища</i>		
27		Прирусловые валы, песчано-глинистые, с ленточными лесами из ивы белой, тополя черного, белого, на луговых слаборазвитых почвах, реже с тростниково-рогозовыми зарослями.
28		Реки и водотоки
29		Ильмень межбугровой русловой
30		Ильмень межбугровой
31		Ильмень русловой.
32		Ильмень култушный

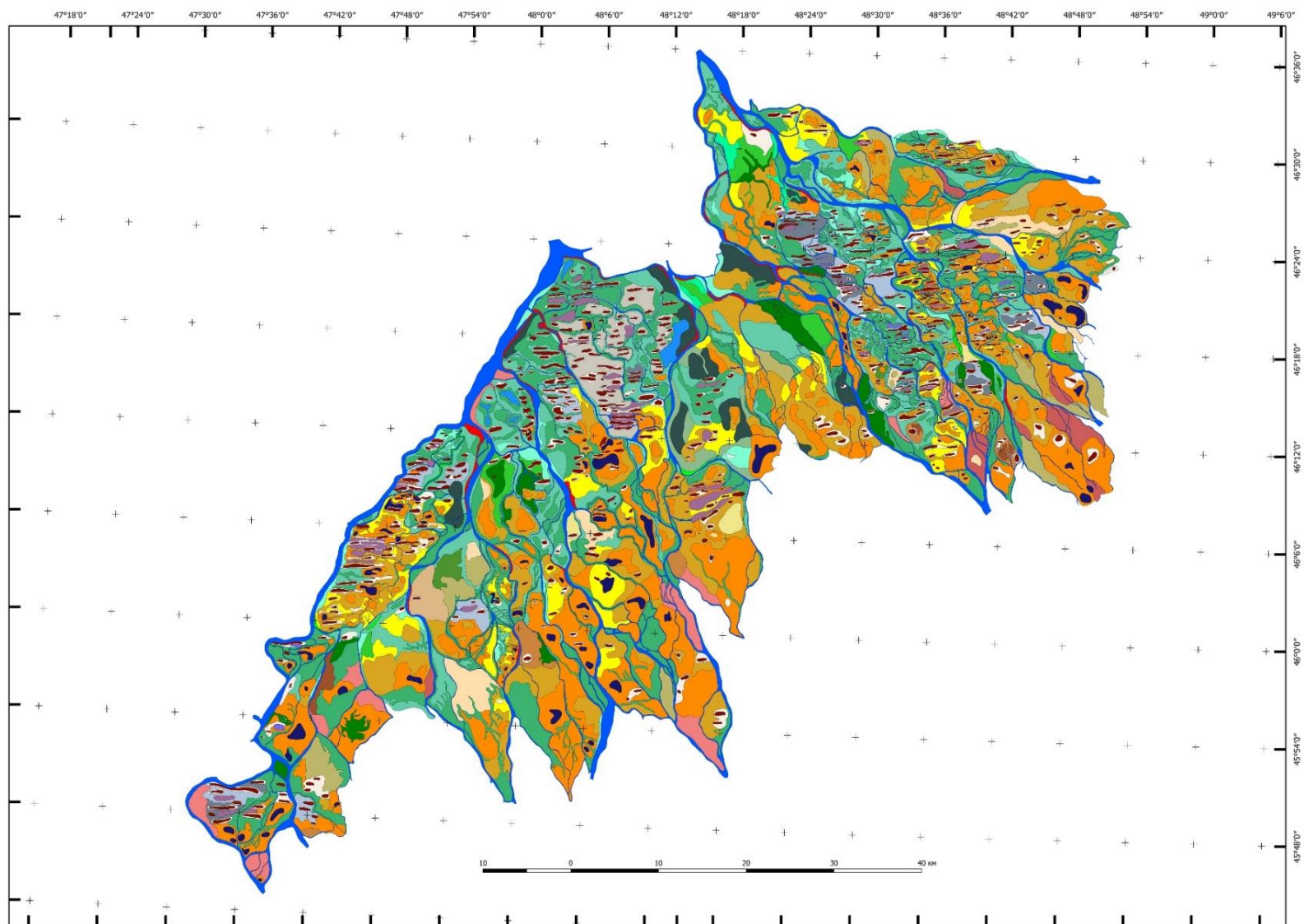


Рисунок 28. Картограмма коренных урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга
(М 1:100 000, уменьшенная версия; составлена автором)

3.2. Оценка ландшафтного разнообразия центрального района ландшафта дельты реки Волга в морфологическом аспекте

В естественных науках, где анализу подвергаются природная среда и ее компоненты, уже в XX веке проявилась тенденция рассматривать объекты исследования как системы – совокупностей компонентов, закономерно связанных друг с другом в единое целое. Такой подход исследования объектов природной среды можно проследить и в системе наук о Земле, в частности, в ландшафтоведении, в котором можно выделить концепцию «ландшафтного разнообразия» (landscape diversity). Однако несмотря на частое использование данного термина в отечественных и зарубежных научных работах, он, как утверждают исследователи, не имеет общепринятого определения (Ганзей, Иванов, 2012; Соколов, 2014).

Появление первых теоретических и практических разработок в области анализа ландшафтных метрик, в том числе и ландшафтного разнообразия, можно проследить в отечественном ландшафтоведении прошлого столетия (Ивашутна, Николаев, 1969; Викторов, 1986). Индексы, применяемые для расчёта ландшафтного разнообразия, используются и в ландшафтной экологии (McGarigal, Marks, 1995; Andre Botequilha et al., 2006). Анализ ландшафтного разнообразия стал одним из направлений ландшафтных исследований, позволяющих получить новые научные и практические результаты в области природопользования и охраны окружающей среды и в настоящее время (Идрисова, 2009). Актуальность анализа ландшафтного разнообразия подтверждается и в последних теоретических ландшафтных исследованиях (Хорошев и др., 2019).

Ландшафтное разнообразие, отражающее сложные сочетания и взаимосвязи между природно-территориальными комплексами и компонентами природной среды, является основой сохранения экологической стабильности, устойчивого развития территорий, определяет характер использования географической среды. Оно является не только необходимым условием разнообразия видов, сообществ,

таксономических групп и т. д., но и имеет самостоятельное значение как предпосылка для оптимизации деятельности человека (Слепокуров, 2000).

Ландшафтное разнообразие можно рассматривать в двух аспектах – ландшафтно-компонентном и ландшафтно-геосистемном. В первом варианте анализу подвергается разнообразие строения и состава каких-либо природных компонентов, например, биоразнообразие – как степень разнообразия видов и численности растительного и животного компонентов ландшафта (Пурдик, 2008). Во втором случае разнообразие исследуется на геосистемном уровне – как разнообразие природных комплексов (геосистем) разного уровня, слагающих пространственно-временную структуру комплексов более высокого ранга.

Разнообразие компонентов системы, которое рассматривается со стороны системного подхода, обуславливает разнообразие ее иерархической организации, а разнообразие ПТК характеризует разнообразие ландшафта. Концепция ландшафтного разнообразия, базирующаяся на системном подходе, позволяет рассматривать территорию любой размерности как хорошо структурированную систему с чётко организованным соподчинением природно-территориальных комплексов. Следовательно, системный подход позволяет рассматривать ландшафтное разнообразие как показатель иерархической организации ландшафтной сферы и ландшафтной структуры любой территории. Таким образом, ландшафтное разнообразие формируется в зависимости от структурно-динамических, экологических и функциональных особенностей ландшафта, что, в свою очередь, обусловлено системной организацией этого природного комплекса. Таким образом, ландшафтное разнообразие следует рассматривать в качестве сложного интегрального показателя, содержащего информацию о системной организации ландшафта и особенностях выполнения им природных и социальных функций (Марцинкевич, 2005; Марцинкевич, 2007). Такое понимание и получило название «ландшафтное разнообразие» (далее ЛР) и в данной работе предметом анализа является именно второй аспект.

Как отмечают исследователи (Ганзей, Иванов, 2012; Соколов, 2014; Позаченюк, Агиенко, 2017), для оценки ландшафтного разнообразия в

ландшафтоведении выделилось два основных направления. Первый вариант заключается в качественной и количественной оценке ландшафтного разнообразия с использованием ландшафтных карт и ряда статистических коэффициентов (Николаев, 1979; Марцинкевич, 2007б). В этом случае под ЛР понимается число и частота встречаемости природных территориальных комплексов (ПТК) в пределах какого-либо региона, являющихся отражением структурно-генетической неоднородности территории, связанной главным образом со свойствами литогенной основы. При этом рассматриваться может вариабельность морфологических единиц (урочищ, фаций) в пределах ландшафта (морфологический аспект), разнообразие видов ландшафтов в пределах рода или ландшафтного района (таксономический аспект) (Марцинкевич, 2007б), вариабельность видов и родов в пределах административно-территориальных единиц либо иных территорий, например, особо охраняемых природных территорий (ООПТ) или элементов геометрически правильной сетки (территориальный аспект). Второе направление анализа ландшафтного разнообразия связано с использованием космических снимков и материалов дистанционного зондирования Земли. В этом случае под ЛР понимается «размеры, форма и связанность различных экосистем на протяжении большой территории», обусловленные, прежде всего отражательными свойствами ландшафта (Пузаченко и др., 2002).

В качестве территорий, являющихся объектом оценки ландшафтного разнообразия, могут выступать административные единицы (районы и области), ландшафтные единицы (ландшафтные районы и провинции), речные бассейны разного ранга (согласно бассейновому подходу, когда географическая оболочка разделяется на систему иерархически соподчинённых геосистем, отделённых друг от друга геоморфологическими границами – линиями водоразделов), ООПТ. Также может быть использован популярный и хорошо зарекомендовавший себя в других областях ландшафтоведения (Михайлов, 2012; Бодрова, 2018) способ анализа пространства - использование элементов геометрической правильной сетки в виде квадратов, в пределах каждого из которых рассчитывается показатель.

Методика, использованная в данной работе, основывается на надёжном методе изучения ландшафтного разнообразия при геосистемном подходе – картографическом, а сам анализ ЛР проводился на уровне именно коренных урочищ (морфологический аспект), пространственное изучение которых выполнялось в процессе полевых исследований с 2015 года.

Цикл исследования расчетов ландшафтных метрик выполнялся в программном комплексе ArcMap с привлечением дополнительных расширений Patch Analyst v.5.2.0.16 и Patch Grid v.5.1.0.7 (Ontario Ministry of Natural Resources), а также Python-расширения ZonalMetrics.

Как было сказано ранее, в исследованиях могут быть использованы регулярные сетки. Регулярные сетки используются по многим причинам, в частности для уменьшения неоднородности полигонов неправильной формы (какими по своей сущности и являются природные территориальные комплексы). Регулярные сетки могут состоять только из равносторонних треугольников, квадратов или шестиугольников, так как только такая геометрия полигонов позволяет создавать мозаичное замощение (совокупность одинаковых фигур, охватывающую всю область без пробелов и перекрытий), чтобы получить равномерную сетку.

Хотя сетка квадратов является основным типом геометрии в ГИС-анализе и тематической картографии, в данном исследовании была апробирована сетка шестиугольников-гексагонов (рисунок 29а), успешно примененная при географических исследованиях на других территориях (Griffith et al., 2000; Schindler et al., 2008; Braun, Hochschild, 2017). Выбор гексагональной сетки обусловлен рядом причин:

- шестиугольники позволили уменьшить смещение выборки из-за краевых эффектов, вызванных геометрией сетки, что связано с низким значением соотношения периметра к площади шестиугольника. Наименьшее соотношение имеет окружность, но окружности не могут создать замощение в виде непрерывной сетки. Шестиугольники обладают наиболее близкой к окружности геометрией и могут складываться в мозаику, формируя равномерную сетку;

- при сравнении полигонов с равными площадями выявлено, что чем ближе форма полигона к окружности, тем ближе к центроиду оказываются точки у границ (особенно рядом с вершинами). Это означает, что любая точка внутри шестиугольника находится ближе к его центру, чем любая точка в квадрате или треугольнике аналогичной площади (из-за более острых углов квадрата и треугольника по сравнению с шестиугольником). Данное положение учитывалось при анализе количества выделов внутри ячейки-гексагона;

- в мировой практике использование шестиугольников более предпочтительно, так как в этом случае в анализ пространственной структуры включались аспекты связности;

- из-за линейной природы прямоугольников регулярные сетки формируют прямые параллельные линии, что может скрывать от наблюдателя закономерности, имеющиеся в данных. Шестиугольники позволили разбить эти линии, тем самым дали возможность легче наблюдать закономерности в данных, имеющих криволинейную форму, какими и обладают, в том числе, ПТК в дельте Волги. Это позволило прервать искусственные прямолинейные закономерности и снизить смещение по расположению, которое может проявляться в регулярных сетках (Birch Colin P.D et al., 2007).

После построения гексагональной сетки, необходимо было выполнить исключение из решётки лишних ячеек, не пересекающих территорию исследования. Для этого осуществлена выборка объектов (ячеек) по расположению, и, соответственно, очистка слоя, то есть исключение лишних ячеек для получения регулярной геометрической сетки, покрывающей только территорию исследования (рисунок 29а). Площадь целой ячейки гексагона составила 21,65 км². Для дробных частей минимальная площадь составила 1,56 км², максимальная – 21,63 км². Оптимальный размер ячейки подбирался экспериментальным путем, так как необходимо было исключить как совпадения размера ячейки с минимальным размером ПТК, либо включение в ячейку лишь части одного ПТК, а также исключить слишком крупные размеры ячеек, которые

могли бы включить в себя очень большое количество ландшафтных контуров (рисунок 29б).

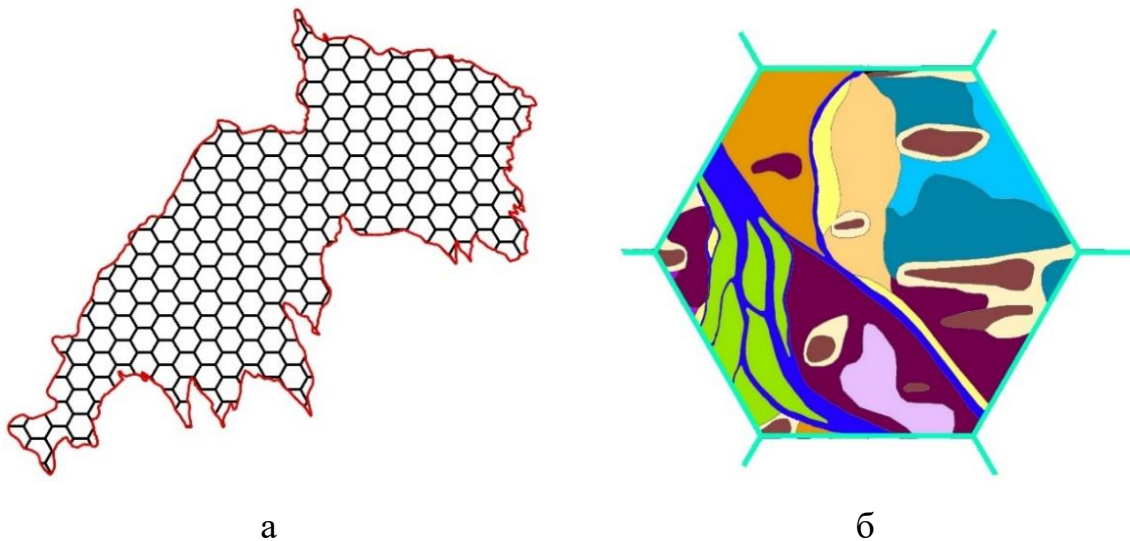


Рисунок 29. Гексагональная сеть. а – покрытие территории исследования сеткой гексагонов; б – размеры одной ячейки гексагона

Подготовительные работы расчетов метрик ЛР начались с выявления простых числовых показателей, таких как: набор видов ПТК, количества ландшафтных контуров (или ландшафтных выделов) и их площади внутри исследуемого региона. Более сложным пространственно-статистическим процессом стало выявление количества ландшафтных контуров и их площади внутри ячейки-гексагона.

В ходе подготовительных работ по оценке ЛР центрального района ландшафта дельты реки Волги общей площадью 3899,44 км² было выделено:

а. пять групп урочищ, каждая из которых отличается своим генезисом: русловые; култучные; бугровые; урочища, сформировавшиеся на основе морских островов; урочища гидрологические (ильмени);

б. установлено, что общее количество видов ПТК в пределах исследуемого региона составляет 31, из них: 11 видов ПТК, входящих в группу русловых урочищ; 7 видов ПТК, входящих в группу култучных урочищ; 5 видов ПТК, входящих в группу бугровых урочищ; 3 вида ПТК, входящих в группу урочищ,

сформированных на основе морских островов; 5 видов ПТК, входящих в группу гидрологических урочищ (без учета рек и водотоков);

в. количество ландшафтных выделов (ландшафтных контуров) в пределах исследуемого региона составила 2712, из них: 858 ландшафтных выделов группы русловых урочищ; 597 ландшафтных выделов группы култучных урочищ; 1044 ландшафтных выделов группы бугровых урочищ; 12 ландшафтных выделов группы урочищ, сформированных на основе морских островов; 201 ландшафтных выделов группы гидрологических урочищ.

Далее, используя информацию о простых ландшафтных показателях исследуемой территории, был рассчитан ряд сложных показателей (таблица 7, рисунок 30), хорошо зарекомендовавших себя при исследовании ландшафтного разнообразия различных регионов (Пурдик и др., 2008; Ганзей, Иванов, 2012; Помазкова, Фалейчик, 2013; Викторов, 2014; Позаченюк, Агиенко, 2017; Чепурнов и др., 2017).

Индекс ландшафтной дробности (или индекс дробности ландшафтных контуров) показывает среднее количество контуров (выделов) на заданную территорию исследования, в данном случае гексагон. Индекс ландшафтной сложности означает отношение количества выделов (контуров) на среднюю площадь ландшафтных выделов внутри гексагона, когда как средняя площадь ландшафтных выделов – это отношение общей площади исследуемой территории к количеству ландшафтных выделов в ней. Коэффициент ландшафтной раздробленности позволяет оценить средний размер площади конкретного природного территориального комплекса к площади исследуемой территории (гексагона). Индекс ландшафтной мозаичности отражает среднее количество выделов на одну группу ПТК в пределах шестиугольника. Индекс относительного богатства (рисунок 30е) в данном исследовании показывает долю числа видов ПТК в пределах ячейки-гексагона от числа видов ПТК на территории центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Таблица 7. Используемые индексы в оценке ландшафтного разнообразия

Название индекса	Формула	Показатели / Примечания
Средняя площадь ландшафтных выделов	$S_{ncp} = \frac{S}{n}$	n – количество ландшафтных контуров (выделов) внутри ячейки-гексагона; S – площадь одной ячейки гексагона; m – количество видов природно-территориальных комплексов внутри ячейки-гексагона; M – общее количество видов природно-территориальных комплексов внутри исследуемой территории
Индекс ландшафтной дробности	$Ldr = \frac{n}{S}$	
Индекс ландшафтной сложности	$Lsl = \frac{n}{S_{ncp}}$	
Коэффициент ландшафтной раздробленности	$Lrd = \frac{S_{ncp}}{S}$	
Индекс ландшафтной мозаичности	$Lm = \frac{m}{n}$	
Индекс относительного богатства	$Lb = \frac{m}{M}$	
Индекс Менхиника	$Lmh = \frac{m}{\sqrt{S}}$	

Пространственно-статистический анализ ЛР показал, что в центральном районе ландшафта дельты реки Волга можно выделить несколько характерных зон, отражающих пространственное распределение ЛР. Физическая интерпретация этих закономерностей вполне объяснима.

Рассмотрим более подробно картину результатов исследования, отраженную на рисунке 30. Наиболее высокие показатели ландшафтной дробности (рисунок 30а) и ландшафтной сложности (рисунок 30б) отмечаются к югу от г. Астрахани, что объясняется большим количеством ПТК, относящихся к группам бугровых и русловых урочищ.

К юго-востоку от населенного пункта Володарский было выявлено большое количество урочищ в гексагоне, что обусловлено их малыми морфологическими

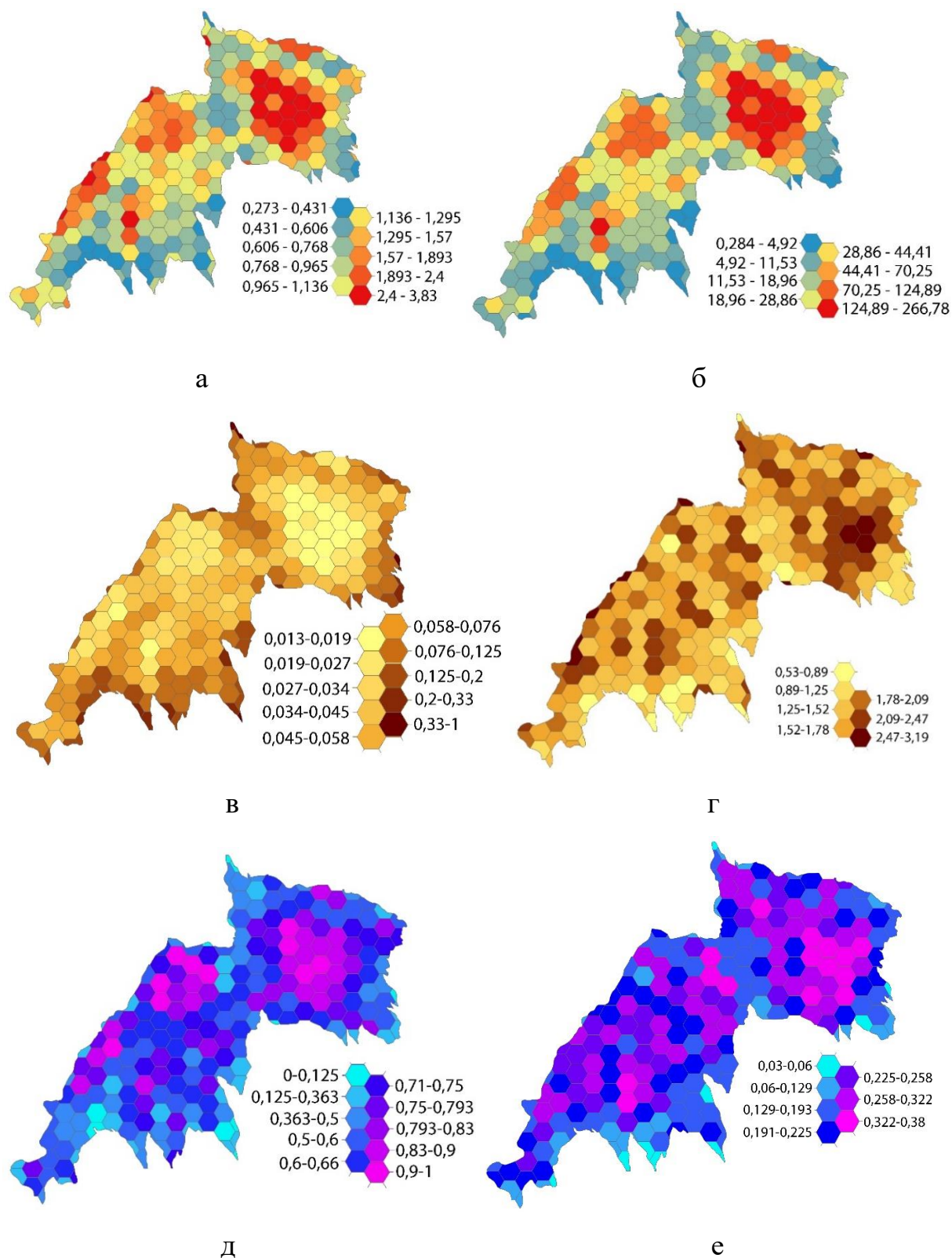


Рисунок 30. Схемы центрального района ландшафта дельты реки Волга (составлены автором): а – ландшафтная дробность, б – ландшафтная сложность, в – ландшафтная раздробленность, г – ландшафтное разнообразие по индексу Менхиника, д – ландшафтная мозаичность, е – ландшафтное относительное богатство

показателями (длина и ширина), что и повлияло на результаты расчетов индексов. Исключение составляет лишь небольшой «аномальный» фрагмент, расположенный фактически в центре рассматриваемого участка (рисунок 31).



Рисунок 31. Фрагмент ячеек-гексагонов с контурами урочищ юго-восточнее населенного пункта Володарский. Красным гексагоном отмечен «аномальный» участок с низким содержанием выделов ПТК

На картограммах ландшафтной дробности и ландшафтной сложности также можно выделить еще три характерных участка, имеющие высокие показатели по данным индексам: у населенного пункта Новые Булгары, севернее населенного пункта Образцово-Травино и к востоку и юго-востоку от населенного пункта Кривой Бузан. Комплексные ландшафтные исследования на одном из ключевых участков вблизи Образцово-Травино подтвердили полученные результаты. Здесь отмечаются практически все основные виды русловых и култучных урочищ, причем размеры их незначительны, что вызывает постоянную смену ПТК по линии профиля. Таким образом, на данных участках наблюдается высокая степень смены ландшафтных контуров (большое количество ландшафтных выделов) на заданную единицу территории (ячейка гексагона).

Результаты, полученные при анализе расчета коэффициента ландшафтной раздробленности, несмотря на плавный цветовой градиент, в целом коррелируются с показателями индексов ландшафтной дробности и ландшафтной сложности (рисунок 30в). Данный показатель напрямую зависит от отношения средней площади контура (выдела) ПТК к площади исследуемой ячейки регулярной сетки (гексагона): чем больше средняя площадь ландшафтных выделов, тем больше показатель коэффициента. Иными словами, если средняя площадь ландшафтных выделов стремится к площади ячейки, показатель коэффициента растёт, и наоборот. Высокие значения данного коэффициента отмечаются по периферии всего исследуемого региона, особенно его южной и юго-восточной части: здесь присутствуют большие по площади култушные урочища, а также особый вид групп урочищ, сформировавшихся на морских островах.

Формула коэффициента ландшафтной мозаичности из вида:

$$Lm = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

была преобразована в вид:

$$Lm = 1 - \frac{m}{n}. \quad (2)$$

Таким образом, полученное в результате число отнимается от единицы, чтобы увеличение разнообразия сопровождалось, как и для других индексов, увеличением значения показателя. Чем выше значение коэффициента в ячейке регулярной сетки (гексагоне), тем больше вероятность, что здесь большое количество контуров при высоком видовом составе ПТК, и наоборот – чем меньше показатель, тем видовой состав и плотность контуров в данной ячейке невысокие (рисунок 32). Таким образом, показатели данного индекса также взаимозависимы с результатами индексов ландшафтной дробности и ландшафтной сложности (рисунок 30д).

Немного иное представление о пространственном расположении ПТК в центральном районе ландшафта дельты реки Волга дает индекс относительного богатства. В отличии от других коэффициентов, где основными критериями были

площади и количество выделов ПТК вообще, здесь основным фактором является именно количество видов ПТК.

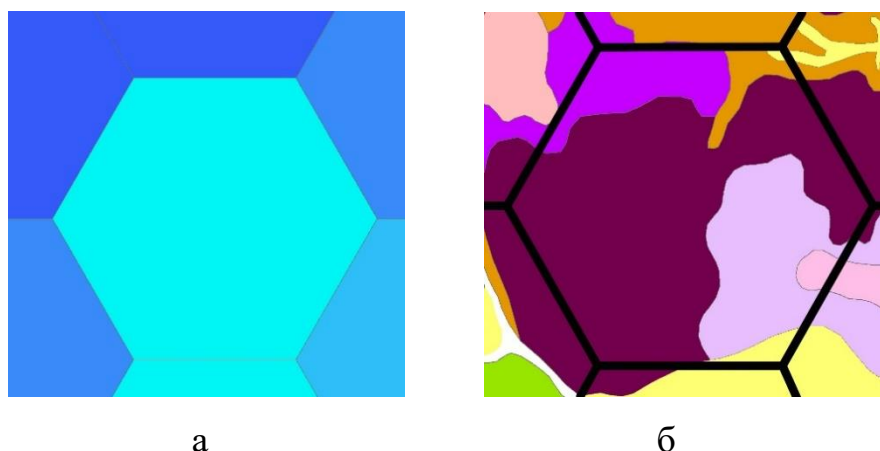


Рисунок 32. Коэффициент ландшафтной мозаичности: а – гексагон с низким показателем при расчете коэффициента мозаичности; б – фрагмент ландшафтной карты с контурами гексагона. Видно, что большую часть ячейки занимает почти один выдел ПТК

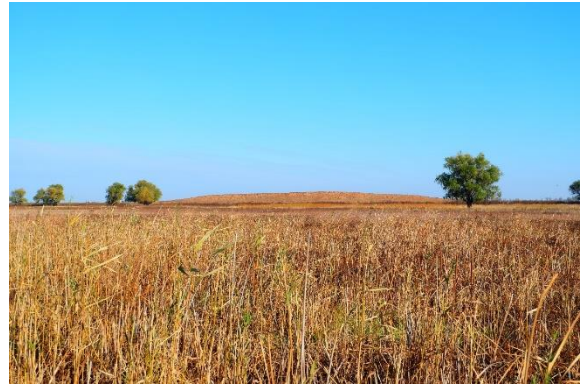
Низкие показатели данного индекса в целом характерны для периферии исследуемого региона. Средние значения индекса относительного богатства в окрестностях г. Астрахани связаны с преобладанием здесь группы бугровых урочищ. Наибольшее значение данного индекса характерно для юго-востока центрального района ландшафта дельты Волги, что обусловлено большим количестве выделов урочищ и их видовым разнообразием (рисунок 33). В данном исследовании был также использован индекс, пришедший из биологических наук – индекс Менхиника (Menhinick, 1963), который ранее использовался при расчетах ЛР на других территориях (Марцинкевич, 2005; Черных, 2011).

Показатели данные индекса зависят от количества видового разнообразия урочищ на заданной территории исследования (ячейка гексагона). Величины ландшафтного разнообразия по Менхинику хоть и не обнаруживают абсолютного соответствия с другими показателями, однако проследить корреляцию с результатами других индексов все же возможно. На схеме ландшафтного разнообразия по Менхинику (рисунок 30г) легко различимы области с высокими

показателями на юго-востоке от населённого пункта Володарский, а также к северо-западу от населённого пункта Образцово-Травино, что во многом соответствует значениям ранее рассмотренных коэффициентов.



а



б

Рисунок 33. Окрестности населённого пункта Большой Могой с высокими значениями индекса относительного богатства, где разноуровневые русловые урочища (а) сменяются на култушные, переходя к бугровым (б). Фото автора

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

4.1. Обзор подходов к содержанию понятия «антропогенный ландшафт»

В середине XVIII века общий вывод о том, что человек является мощным фактором, изменяющим облик Земли, сделал французский натуралист Жорж де Бюффон. В работе «Естественная история» он характеризовал человека как существо, способное трансформировать природу с пользой для себя, подчиняя её своим интересам.

В середине XIX века профессор Казанского университета Э.А. Эверсманн публикует работы о роли антропогенных палов в облике степных ландшафтов (Казаков, 2004). Ещё позже среди исследователей активно обсуждались вопросы антропогенезации ландшафтов и географической оболочки как в целом, так и вопросы, касающиеся формирования отдельного научного направления, занимающегося данными исследованиями.

Н. К. Иогансен считал, что антропогенными можно назвать те ландшафты, которые находятся под влиянием человека. «“Антропогенный” – это не значит ландшафт, созданный человеком, но затронутый им в той или иной степени» (Иогансен, 1970).

Мильков Ф.Н. писал, что «антропогенными ландшафтами следует считать как заново созданные человеком ландшафты, так и все те природные комплексы, в которых коренному изменению (перестройке) под влиянием человека подвергся любой из их компонентов, в том числе и растительность с животным миром» (Мильков, 1973). При этом он также выделял особую категорию – естественно-антропогенные комплексы (Мильков, 1988).

Арманд Д. Л. также рассматривал вопросы изменения природных комплексов под воздействием человека, затрагивая темы культурного ландшафта и внедрения в географию термина «природно-технический комплекс» (Арманд, 1975). Под данным термином Арманд Д. Л. понимал «предприятие, или

сооружение, или приспособление, созданное людьми из искусственных или естественных материалов, вместе с частями окружающих ландшафтов, на которые простираются его полезные или вредные действия и которые в свою очередь влияют на него».

Затрагивал взаимоотношения человека и природы в своих работах и Исаченко А.Г., но его отношение к «антропогенному ландшафтоведению» было несколько иным. Исаченко писал, что «по существу то, что называется антропогенным ландшафтом, это лишь различные проявления человеческой деятельности в ландшафте, которые подразделяются на две группы: 1) типы использования земель, или угодья и 2) инженерные сооружения и их комплексы. В «антропогенном ландшафтоведении» часто дело не идет дальше констатаций внешних проявлений человеческой деятельности в ландшафте» (Исаченко, 1991). Несмотря на это, и Исаченко А.Г. задавался вопросами о том, как верно описать антропогенное воздействие на географические системы как горизонтально, так и вертикально.

В 1993 году G. Peterken выдвинул своё мнение о «естественности» ландшафтов. Он выделяет три разновидности (или степени) естественности природы:

- первоначальная естественность – состояние, существовавшее до того, как человек стал значительным экологическим фактором;
- настоящая естественность – состояние, которое преобладало бы сейчас, если бы человек не стал значимым экологическим фактором;
- естественность будущего – состояние, которое развилось бы, если бы влияние человека было полностью и навсегда устранено (Peterken, 1993).

В 2006 году исследователями были рассмотрены основные направления ландшафтной экологии (Хорошев и др., 2006). Как отметили авторы, на конгрессах International Association for Landscape Ecology (IALE, «Международная ассоциация ландшафтной экологии») в 1999 и 2003 гг. было выявлено, что тема, касающаяся вопросов взаимоотношения между природными и антропогенными компонентами, является одной из основополагающих, что подтверждается и последними

ландшафтными конференциями (Тюмень – Тобольск, 2017 г.; Воронеж, 2018 г.; Симферополь, 2018 г.). В настоящее время исследователи рассматривают приоритетность в ландшафтных исследованиях и отмечают следующие темы: применение ландшафтных индексов в изучении антропогенных воздействий, классификации антропогенных модификаций природных комплексов, ландшафтно-экологическая оценка территорий и др.

Таким образом, в современной физической географии сложилось два противоположных мнения по вопросу антропогенного преобразования геосистем. Согласно первому, некоторые природные комплексы, по своему происхождению следует рассматривать как антропогенные ландшафты. К ним относятся те системы, в которых хотя бы один из компонентов претерпел коренное изменение (особенно литогенная основа), а также комплексы, целенаправленно созданные человеком. Сторонники второй точки зрения считают, что оказываемые на геосистемы воздействия со стороны человека не приводят к появлению антропогенных ландшафтов, а только приводят к формированию антропогенных модификаций ПТК с разной степенью их преобразованности. Данный подход лежал в основе проведённого исследования центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Однако, как показывает анализ исследований, до настоящего времени не разработаны единые, чётко выраженные нормы, методы и методики для определения степени антропогенной нагрузки на естественные природные комплексы.

4.2. Анализ методик оценки антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов

4.2.1. Опыт русскоязычных исследователей

Герасимов И.П. предлагает комплексный показатель – предельно допустимую нагрузку (ПНД) на ландшафты (Герасимов, 1975; Герасимов, 1985). Такой показатель сочетает различные свойства природных систем (в том числе их устойчивость и способность к самоочищению). Его определение требует учёта

антропогенных и естественных факторов изменения среды, изучения трофических связей и интенсивности биологического круговорота вещества.

Тимашев И.Е., учитывая большое число оценочных параметров, выраженных в количественной форме, предложил систему оценки состояния среды (Тимашев, 1988). Этот способ предусматривает учёт различных параметров, отражающих воздействие человека на природу. Каждому из них придается весовой коэффициент, т.е. показатель его значимости относительно других элементов. Затем параметры переводятся в показатели качества (ПКС) – величины, взятые относительно каких-либо нормативов или фоновых уровней, что позволяет сравнивать изменённое состояние природной среды с исходной, получая в итоге обобщённую оценку трансформации природных систем.

С развитием дистанционных, а особенно космических методов наблюдений, появились новые подходы в оценке антропогенной преобразованности ландшафтов. Например, Виноградов Б.В. ввел оптический эффект антропогенного изменения природных систем (Виноградов, 1984).

Кочуров Б.И., опираясь на разработанную концепции эколого-хозяйственного баланса территории, предлагает свою формулу исчисления суммарной антропогенной нагрузки, где учитывается площадь вида использования земель, балльная оценка антропогенной нагрузки по определённому виду с учётом корректировки по дополнительным факторам (Кочуров, 2003).

Показатель эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) получают путем определения степени АН на различные группы земель путем введения для них экспертных балльных оценок (таблица 8) (Егоренков, Кочуров, 2005; Двинских и др., 2011).

Как отмечают другие исследователи, состояние ландшафтов в значительной мере определяется состоянием почвенного покрова и морфолитогенной основы. Их нарушение может привести к полной трансформации природных ландшафтов и утрате ими экологического и ресурсного потенциала (Комплексное..., 1997).

Шищенко П.Г. и др. при общей оценке степени современной антропогенной преобразованности территорий для каждой хозяйственной функции ландшафтов

присваивал определенный балл преобразованности по замкнутой стобальной шкале путем экспертной оценки. В итоговой формуле для выявления среднего балла преобразованности учитываются баллы преобразованности отдельных видов природопользования и площади отдельных видов природопользования (Шищенко, 1988). Данный исследователь также вывел региональный индекс антропогенной преобразованности, где учитывались индекс антропогенной преобразованности, ее ранг, доля вида природопользования в ландшафтном регионе и выводился коэффициент антропогенной преобразованности (Шищенко, 1988б).

Таблица 8. Классификация земель по степени антропогенной нагрузки

<i>Степень АН</i>	<i>Балл оценки</i>	<i>Группа земель</i>
Высшая	5	Земли инфраструктуры
Значительная	4	Пашня, многолетние насаждения
Средняя	3	Водные объекты, культурные угодья
Незначительная	2	Естественные кормовые угодья
Низшая	1	Земли естественных урочищ, ООПТ

Позже теоретические наработки Шищенко П.Г. были адаптированы к исследованиям степных условий равнинного Крыма. В частности, предложен алгоритм расчётов для ГИС, дополнены значения рангов и индексов в соответствии с существующими типами природопользования, а также расширена шкала оценки преобразованности ландшафтов (Михайлов, 2012; Калинчук и др., 2016).

В 2015 году при проведении картографирования территории волгоградского Заволжья и оценки антропогенной изменённости земель (Кулик и др., 2015), исследователи применили индекс антропогенной нарушенности земель (Рулев, 2007) и использовали шкалу рангов антропогенной изменённости земель: 1 –

лесные площади и древесно-кустарниковые насаждения, 2 – под водой и болотами, 3 – пастбища, 4 – пашня (включая орошаемую), 5 – промышленно-транспортные и селитебные территории.

4.2.2. Опыт зарубежных исследователей

Среди зарубежных исследований прослеживается в определенной степени аналогичная ситуация синтеза количественного и качественного анализа степени антропогенной преобразованности геосистем.

В 2004 году испанским биологом и экологом А. Machado был представлен «индекс естественности» (an index of naturalness) (Machado, 2004). Он был применён для анализа трёх областей архипелага Галапагосских островов, а также острова Эль Йерро из группы Канарских островов. По мнению автора, несмотря на то, что применение данного индекса было апробировано на океанических островах, он может применяться в исследованиях и на других территориях. Индекс представляет собой синтез использования привычного качественного фона с элементами описания каждой из цветовых градаций (таблица 9, стиль оформления оригинала сохранён, перевод автора). Как заявляет автор, большинство применений такого индекса могут относиться к территориальным системам, диагностика или присвоение оценок основаны на системном анализе, и поэтому изучаемые единицы могут быть экосистемами в любом пространственном масштабе.

По поводу данного индекса сформировалось двоякое мнение. Одни исследователи утверждают, что эти категории очень надуманные. Категории 10 и 1 являются спорными, так как в настоящее время «полностью естественных территорий больше не существует» (Mike, 2013). По мнению других учёных, А. Machado представил хорошо продуманный план реализации концепции естественности на Галапагосском архипелаге, острове Эль Йерро и части Канарских островов (Walz, 2014).

Таблица 9. Категории «индекса естественности» (по Machado, 2004)

Категория		Описание
10		Естественная девственная природа; только природные элементы и процессы. Возможно случайное присутствие незначительных или едва заметных элементов антропогенного характера или совершенно незначительное физико-химическое загрязнение, исходящее из внешних антропогенных источников.
9		Естественные комплексы; физико-химическое воздействие присутствуют незначительно и неявно выражено, либо отсутствует.
8		Субъестественная система; возможно длительное присутствие экзотических видов, не доминирующих в данном комплексе. Случайные загрязнения обрабатываются самой системой (не выходят за рамки устойчивости). Возможна незначительная добыча возобновляемых ресурсов. Естественная динамика немного изменена.
7		Квазиестественная система; экстенсивная антропогенная деятельность с низким физическим воздействием; дикие экзотические виды хорошо известны, но не являются коминантами; природные структуры изменены, но не искажены. Небольшое изменение гидрографического режима со стороны человека.
6		Полуестественная система; антропогенное вмешательство на низком уровне, локальное. Возможно доминирование диких экзотических видов; родные элементы значительно уменьшены. Присутствует добыча возобновляемых ресурсов. Общая динамика по-прежнему контролируется естественными процессами. Примеры: заброшенные культурные системы, проходит естественное восстановление экосистем.

Продолжение таблицы 9. Категории «индекса естественности» (по Machado, 2004)

5	Культурно-охраняемая система; процессы, обусловленные обширной деятельностью человека; биологическое производство не слишком форсированное. Местные биологические виды изменяются. Присутствует незначительное антропогенное влияние на гидрологический режим системы. Мало или нет управления водным циклом (пассивное).
4	Система «культурного содействия»; присутствует умеренное антропогенное воздействие (физико-химическое, биологическое). Природные элементы встречаются «фациально». Антропогенное воздействие на гидрологический режим выше среднего.
3	Система с высокой степенью нагрузки. Присутствуют территории застройки и инфраструктуры. Природное биоразнообразие сильно сокращено; его элементы довольно изолированные (интенсивная фрагментация). Трансформация рельефа и почв.
2	Полутрансформированная система. Преобладание урбанизированных территорий. Интенсивный ввод энергии и вещества (удобрений, воды) извне. Высокое антропогенное воздействие на гидрологический режим.
1	Преобразованная система с очень высокой антропогенной нагрузкой. Фактическое отсутствие естественных территориальных комплексов. Полная зависимость внешних входов вещества и энергии. Очень высокое антропогенное воздействие на гидрологический режим.
0	Искусственная закрытая система; система без самостоятельной жизни на макроуровне; микроскопическая жизнь отсутствует.

Широкое применение нашёл индекс гемеробности. Концепция гемеробности была первоначально разработана для измерения воздействия человека на флору и растительность. Сам термин был введен ботаником Jalas J.

(Jalas, 1955). Термин получен из слияния греческих слов *hémeros* (прирученных, культивируемых) и *bíos* (жизнь). Позже эта концепция была применена ко всем экосистемам, и индекс гемеробности стали рассматривать как интегративную меру воздействия всего человеческого, степень вмешательства в экосистемы (Kowarik, 1988). Позже немецкими исследователями этот индекс был дополнен и в итоге получилась семибалльная шкала для оценки гемеробности на ландшафтном уровне, то есть исследовалось человеческое воздействие для отдельной территориальной единицы (таблица 10) (Walz, 2014).

В 2009 году были выведены критерии для классификации естественности ПТК с последующим присвоением территории одного из четырех уровней градаций: почти не нарушенная территория (High naturalness), территория со средней степенью естественности (Semi-natural), сельскохозяйственная территория (Agricultural), полностью нарушенная территория (Artificial). Как пишут авторы, «индекс оценки естественности (The Naturalness Evaluation Index) был применен для оценки земель о. Сицилия (Италия), но может применяться для исследований по всей территории Европы» (Baimonte et al., 2009).

В том же году был представлен научный отчет исследователями Болонского университета (Италия) (Ferrari et al., 2009). В своей работе они исследовали Северные Апеннины, где также оценивали степень естественности территории. Исследователи представили «индекс естественности растительности» (The Index of Vegetation Naturalness), который, по их словам, является преобразованным «индексом сохраненности ландшафта» (the Index of Landscape Conservation) (Pizzolotto, Brandmayr, 1996). На основе анализа фитосоциологических карт и своих расчетов исследователи показали степени естественности, которые упорядочены в соответствии с уменьшением воздействия человека (таблица 11).

В 1988 году был рассмотрен «индекс урбанизированности» (urbanity index) (O'Neill et al., 1988), который позже был использован при изучении центральной части австрийской провинции Нижняя Австрия вокруг крупнейшего города этой земли Санкт-Пёльтен (Wrbka et al., 2004).

Таблица 10. Уровни гемеробности (по Walz, 2014)

№	Уровень гемеробности	Примеры ПТК	Степень антропогенного воздействия/преобразования
1	Агемеробный (ahemerobic)	Ненарушенные скалистые, болотные, тундровые области	Отсутствует
2	Олигогемеробный (oligohemerobic)	Развивающиеся низинные и верховые болота	Незначительная (выпас скота)
3	Мезогемеробный (mesohemerobic)	Насаждения чуждых данному местообитанию пород деревьев с развитым кустарниковым и травяным ярусами, пустоши, суходольные и малопродуктивные луга	Умеренная (распашка)
4	β -эвгемеробный (β -euhemerobic)	Интенсивно используемые пастбища, луга и леса	Средняя
5	α -эвгемеробный (α -euhemerobic)	Сельскохозяйственные угодья с типичной развитой флорой сорняков	Выше среднего (регулярная вспашка, умеренное внесение минеральных удобрений)
6	Полигемеробный (polyhemerobic)	Декоративные газоны, сады, виноградники	Высокая (глубокая или плантажная вспашка, постоянное осушение и (или) интенсивное орошение)
7	Метагемеробный (metahemerobic)	Городские территории	Максимальная

Таблица 11. Степени естественности по «индексу естественности растительности», (по Ferrari C. et al., 2009)

Индекс	Наименование степени	Описание
DA	Урбанизированный	Вмешательство человека в такой степени, что растительность либо почти отсутствует (территории инфраструктуры), либо доминируют виды, посаженные в декоративных целях (парки и сады)
DB	Сельскохозяйственный	Представлена растительность, из которой доминирующие виды высаживаются и культивируются в экономических целях (например, поля, сады)
DC	Полуестественный	Представлена растительность, содержание которой в значительной степени спонтанное, ее структура изменяется таким образом, что теперь она относится к другому типу образования
DD	Субъестественный	Представлена растительность, которая в определенной степени зависит от человека, но все же относится к тому же (структурному) типу образования, что и естественная система, из которой она происходит (леса)
DE	Естественный	Растительность с минимальным влиянием человека; эта степень содержит растительность, близкую к условию до определенных природных условий

В 2017 году зарубежными исследователями для анализа водосборов рек Жакаре-Гуасу и Жакаре-Пепира этот индекс был немного упрощён. В исследованиях учитывались площади застройки, площади сельскохозяйственных районов (пахотные земли, сельскохозяйственные угодья), лесных районов, водных

и водно-болотных угодий, естественных или полуестественных биотопов (Costa et al., 2017).

В 2012 году группа учёных представила «среднюю степень естественности» (mean degree of naturalness, Nd) (Rüdisser et al., 2012). «Степень естественности» (Nd) представляет расширенную концепцию гемеробности, а семибалльная шкала (таблица 12) позволяет отразить антропогенное воздействие на растения, животный мир и экосистемы в целом.

Таблица 12. Семибалльная шкала на основе индекса «Степени естественности», (по Rüdisser et al., 2012)

Степень естественности	Описание	Примеры типов землепользования (на примере Австрии)
1. Природная (Natural)	Природные системы без или только с минимальным антропогенным влиянием (например, учитывается глобальное загрязнение)	Голые скалы, малонаселенные районы, ледники и вечные снега, внутренние болота, торфяники; природные леса
2. Почти естественная (Near-natural)	Природная структура и тип экосистемы, в основном, такие же, как и в естественных условиях, но некоторые характеристики (например, видовой состав растений) изменяются в результате антропогенного воздействия	Естественные пастбища (выше лесной полосы), болота и пустоши
3. Полуестественная (Semi-natural)	Природная экосистема была преобразована в новый тип экосистемы из-за антропогенной деятельности	Альпийские луга, восстановленные леса, пастбища

Продолжение таблицы 12. Семибалльная шкала на основе индекса «Степени естественности», (по Rüdiger et al., 2012)

4.Преобразованная (Altered)	Помимо измененного типа экосистемы, присутствует антропогенная нагрузка на почвы (например, осушение, интенсивное оплодотворение)	Виноградники, интенсивно используемые луга
5.Культивированная (Cultural)	Интенсивные регулярные воздействия приводят к разрушению почвенного покрова. Природные «ПТК» сведены к минимуму (охват <25%)	Пахотная земля, зеленые городские районы
6.Искусственная с природными элементами (Artificial with natural elements)	Искусственные системы с природными элементами; интенсивные и необратимые изменения рельефа и ландшафтной структуры	Сельские поселения, участки добычи полезных ископаемых, свалки, аэропорты
7.Искусственная (Artificial)	Искусственные системы или конструкции	Сплошная территория застройки, промышленные объекты и зоны инфраструктуры, дороги и железнодорожные сети

Семь представленных степеней естественности могут быть подразделены с использованием десятичных дробей для описания промежуточных состояний в зависимости от имеющихся карт землепользования и земельного покрова, а также карт тематической направленности. В своей работе исследователи упомянули и работу А. Machado, указав, что он рассмотрел и обсудил различные подходы, направленные на оценку степени естественности, включая концепцию, близкую к концепции гемеробности.

В 2017 году исследователи из США представили «полимасштабный индекс ландшафтной целостности» (multiscale index of landscape intactness), разработанный

для оценки западных территорий США. Индекс представляет собой сопоставление пространственных данных о транспортной нагрузке, энергетическом комплексе и добыче полезных ископаемых, площади сельского хозяйства и застройки территорий. Для анализа данных был использован метод 2,5-километрового и 20-километрового скользящего кругового окна. Многомасштабный индекс ландшафтной целостности призван быть гибким, удобным и применимым в разных пространственных масштабах, экологических границах и может быть применён и на других территориях (Carr et al., 2017).

В том же году исследователи из Тюбингенского университета (Германия), анализируя разновременные показатели LULC (соотношения территорий землепользования/земной поверхности), использовали «индекс истощения природных ресурсов» (index for Natural Resource Depletion). Исследователи описывали изменения в экосистеме саванн вокруг лагеря беженцев Джабаль (восточные территории Чада), применив при этом деление территории шестиугольной сеткой диаметром 1 км и используя радарные данные дистанционного зондирования Земли (Braun, Hochschild, 2017).

Анализ рассмотренных работ показывает, что основными факторами, на которые опираются авторы в своих работах по исследованию антропогенной трансформации геосистем, являются следующие: уровень застройки, площади инфраструктуры, уровень использования земли, антропогенное воздействие на гидрологический режим, состояние сельскохозяйственных территорий. Значительное внимание уделяется так же степени преобразованности природных компонентов. Многие исследователи при анализе трансформации геосистем используют балльную оценку, нередко применяют математический аппарат (формулы по анализу антропогенной преобразованности геосистем представлены в таблице 13).

Таблица 13. Основные формулы, используемые в работе для оценки антропогенной преобразованности природных комплексов среди русскоговорящих и зарубежных исследователей

№	Индекс	Формула	Переменные
1	Обобщенная оценка трансформации природных систем	$V = \sum_{i=1}^n (Vi)_1 k_i - \sum_{i=1}^n (Vi)_2 k_i$	$(Vi)_1$ – показатели качества (ПКС) для параметра i ; измененного в процессе антропогенного воздействия; $(Vi)_2$ - исходный ПКС для параметра i ; k_i – значение весового коэффициента параметра i ; n – общее число параметров.
2	Оптический эффект антропогенного изменения природных систем	$\Delta P = P_z - P_i$	P_z - спектральные коэффициенты неизменной (эталонной) системы; P_i - спектральные коэффициенты антропогенной производной
3	Коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной (K_o) напряженности эколого-хозяйственного состояния территории	$K_a = \frac{AH_6}{AH_1}$ $K_o = \frac{AH_4 + AH_5 + AH_6}{AH_1 + AH_2 + AH_3}$	АН - антропогенная нагрузка (АН) земель по экспертной балльной оценке
4	Средний балл преобразованности и	$B = B_1 P_1 + B_2 P_2 + \dots + B_n P_n / 100$	$B_1, B_2, \dots, B_n$ – баллы преобразованности отдельных видов природопользования; $P_1, P_2, \dots, P_n$ – площади отдельных видов природопользования, %.
5	Региональный индекс антропогенной преобразованности и	$U_{ап} = \sum(rq)$	$U_{ап}$ – индекс антропогенной преобразованности; r – ее ранг; q – доля (%) данного вида природопользования в ландшафтном регионе

Продолжение таблицы 13. Основные формулы, используемые в работе для оценки антропогенной преобразованности природных комплексов среди русскоговорящих и зарубежных исследователей

6	Коэффициент площади нарушенных земель (S)	$S = (Q * K_{л} * K_{р} / V + Q * K_{л} * K_{вскр.}) / 0,5h$	Q – среднегодовой объем добычи полезных ископаемых (млн. т); K_л- количество лет деятельности предприятия (за n лет минус 5); K_р – коэффициент разубоживания; V – объемный вес руды, полезного ископаемого, т\м³; K_{вскр.} – усредненный коэффициент вскрыши (по справочнику); h – максимальная глубина выработок, м (при расчете учитывается 0,5h, так как указанная величина достигается лишь на небольшой части нарушенных площадей)
7	Степень антропогенной преобразованности ландшафтов региона	$Кап = \frac{\sum (r_i * p_i * q) n}{100}$	Кап – коэффициент антропогенной преобразованности; r – ранг антропогенной преобразованности ландшафтов i-ым видом использования; p – площадь ранга (%); q – индекс глубины преобразованности ландшафта; n – количество выделов в пределах контура ландшафтного региона
8	Индекс антропогенной нарушенности земель	$ИЛ = \sum_{i=1}^{i=m} (N_i S_i) / S_{ск}$	S_i – площадь вида землепользования (км², %); N_i – ранг, или коэффициент нарушенности ландшафта; S_{ск} – площадь квадрата сканирования; i – порядковый номер вида нарушений; m – количество видов нарушений.

Продолжение таблицы 13. Основные формулы, используемые в работе для оценки антропогенной преобразованности природных комплексов среди русскоговорящих и зарубежных исследователей

9	Суммарная антропогенная нагрузка	$A_n = \sum_{i=1}^n S_i * B_i$	S – площадь (i-го) использования земель, в %; B – балльная оценка антропогенной нагрузки по i-му виду с учетом корректировок по дополнительным факторам; n - число групп
10	«Индекс урбанизированности» (urbanity index)	$\log_{10} \left(\frac{U + A}{F + W + B} \right)$	U обозначает городскую площадь, A – сельскохозяйственные районы (пахотные земли, сельскохозяйственные угодья), F – лесные районы, W – водные и водно-болотные угодья, B – естественные или полуестественные биотопы («естественные районы»)
11	«Индекс урбанизированности» упрощенный	$UI = \log_{10} \left[\frac{U + A}{F + W} \right]$	A обозначает сельскохозяйственную площадь, U – городскую зону, F – площадь естественной растительности и W – водную среду и водно-болотные угодья
12	«Индекс истощения природных ресурсов» (index for Natural Resource Depletion)	$NRD = t_1 - t_0$	«Вес» соотношений разновременных показателей LULC (территорий землепользования/земной поверхности – t_1 и t_0)
13	Нормализованный площадной индекс гемеробности (Normalized area-weighted hemeroby index)	$M = 100 \sum_{h=1}^n \frac{f_n}{n} h$	n – Количество степеней гемеробности; f_n - доля категории; h - степень гемеробности; M - индекс гемеробности

Продолжение таблицы 13. Основные формулы, используемые в работе для оценки
антропогенной преобразованности природных комплексов среди
русскоговорящих и зарубежных исследователей

14	Упрощенный площадной индекс гемеробности (Simple area- weighted hemeroby index)	$M = \sum_{h=1}^n f_n * h$	n - Количество степеней гемеробы; f_n - доля категории; h - степень гемеробности; M - индекс гемеробности
15	«Средняя степень естественности» (mean degree of naturalness)	$N_d = \sum_{i=1}^n p_i * m_i$	n - количество типов землепользования, p_i - доля площади типа землепользования i на общей площади единицы, m_i - степень естественности
16	«Индекс оценки естественности» (The Naturalness Evaluation Index, NEI)	$NEI = \frac{C_1 + 2C_2 + 3C_3}{3(C_0 + C_1 + C_2 + C_3)}$	C_0 - площадь, покрытая искусственными системами, C_1 - площадь, покрытая сельскохозяйственными системами, C_2 - область, охватываемая полуприродными системами, C_3 - область, охватываемая системами высокой естественности.

4.3. Историко-географические особенности хозяйственного освоения центрального района ландшафта дельты реки Волга

На основе анализа литературных и фондовых материалов, результатов выполненных маршрутных исследований было выделено четыре основных этапа хозяйственного освоения центрального района ландшафта дельты реки Волга. Они отличаются между собой направленностью, объёмом и глубиной воздействия человека на природу, степенью трансформации исходных ПТК, а также усложнением структуры формирующихся антропогенных модификаций (таблица 14).

Формирование ландшафта дельты реки Волга началось около 2,5 – 3 тысяч лет назад, т.е. с начала субатлантической эпохи голоцена, когда началось формирование современных ландшафтов в бассейне Каспия, а, следовательно, и современных и близких к ним параметров водного баланса. До этого здесь уже отмечался рельеф бэровских бугров (Рычагов, 1997).

Постепенно новый ландшафт начали посещать кочевники, мигрирующие как в пределах Северного Прикаспия, так и приходящие из других, более отдаленных регионов. Археологические находки свидетельствуют о нахождении в дельте в этот период различных народов и этнических групп: сарматов и печенегов, тюркютов и телесцев, гузов, барсилов и т. д. Свидетельством о том, что именно бугры Бэра первыми стали осваиваться человеком в исследуемом регионе являются пятна уплотненного грунта с отсутствием растительности, отмечаемые на поверхности многих из данных урочищ во время проведения маршрутных исследований (рисунок 34а). Это основания жилищ, которые возводились на самых высоких природных комплексах и не затапливались в период половодья и нагонов морской воды.

Из многочисленных народов, населявших дельту Волги в древнейшие времена, особенно выделяются хазары. По мнению Л.Н. Гумилева, хазары пришли в дельту во время II-III вв. из Северного Кавказа (района реки Терек) (Гумилев, 1966). Хазары занимались добычей рыбы, земледелием, выращивали виноградники и сады. Хазарский каганат в VII-IX вв. превратился в мощную державу (Артамонов, 1962).

Однако подъем уровня Каспийского моря и многоводье Волги в XI веке резко изменили хозяйственное положение Хазарии. Площадь дельты сократилась. Поля, сады пастбища и рыбные угодья оказались под водой. Население переместилось на бэровские бугры центрального района ландшафта дельты. Однако потеря более 60% используемого ландшафта, а также предшествующие социально- политические потрясения того времени полностью подорвали былое могущество хазар.

**Таблица 14. Основные этапы хозяйственного освоения центрального района
ландшафта дельты Волги**

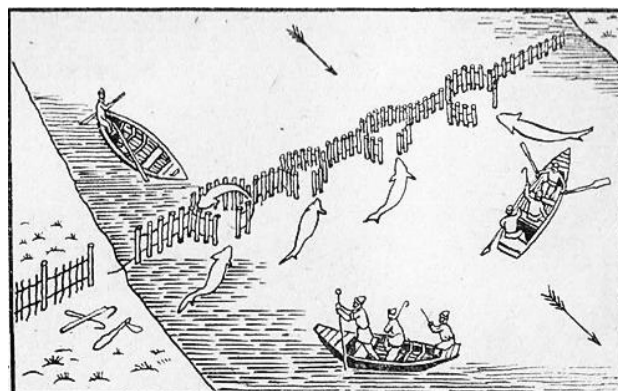
№ этапа	Продолжительность	Осваиваемые ПТК	Виды хозяйственного освоения ПТК
Первый этап	От древнейших времен до середины XVI века н.э.	Бэровские бугры, реже русловые и култучноравнинные урочища высокого и среднего уровня, водотоки, ильмени	Возведение жилых и хозяйственных построек на поверхности бугров, очаговое земледелие, оседлое скотоводство, добыча рыбы
Второй этап	От середины XVI до середины XIX века	Бэровские бугры, шлейфы бугров, межбугровые понижения, русловые урочища высокого уровня, прирусловые валы, ильмени межбугровые	Добыча рыбы, орошаемое земледелие, формирование городских и сельских поселений
Третий этап	От середины XIX века до 70-х годов XX в.	Русловые и култучноравнинные урочища высокого, среднего и низкого уровней, русловые ильмени, бугровые урочища	Орошаемое земледелие, добыча рыбы, разведение крупного и мелкого рогатого скота
Четвертый этап	От 70-х годов XX века до настоящего времени	Все виды урочищ, отмечаемых в пределах центральной части ландшафта дельты Волги	Городская, промышленная и сельская застройки, транспортная инфраструктура, мелиорация, орошаемое земледелие, разведение крупного и мелкого рогатого скота, добыча рыбы



а



б



в

Рисунок 34. **а** – пятна уплотненного грунта с отсутствием растительности, отмечаемые на поверхности бугров Бэра, оставшиеся на месте древних построек.

Синяя линия – видимая граница бугра Бэра (фото автора); **б** – фрагменты керамики гузов на поверхности бэровских бугров (фото автора); **в** – использование плотин-«учугов» для ловли рыбы в дельте Волги

На протяжении нескольких столетий совместно с хазарами в исследуемой части дельты Волги проживал другой народ – полукочевые гузы. Фрагменты их специфичной керамики до сих можно обнаружить на поверхности бэровских бугров (рисунок 34б). Гузы основали город Саксин, который предположительно располагался или в окрестностях современного населенного пункта Семибугры, или вблизи села Самосделка (Гумилев, 1998; Васильев, 2015).

Народы, населявшие центральный район ландшафта дельты Волги, постепенно ушли в историю, не оставив каких-либо существенных результатов своего пребывания во вмещающих их ландшафте. Однако они оставили свой след в особенностях использования природных комплексов и ресурсов, которые

увидели русские поселенцы, появившиеся в дельте Волги во второй половине XVI века.

Второй этап освоения центрального района ландшафта дельты реки Волга охватывает период от момента возникновения Астрахани в 1558 году до первой четверти XIX века. Астрахань создавалась как крепость на пути постоянных вторжений в Россию её южных соседей. Стратегически важным элементом добычи русских переселенцев стали рыбные богатства дельты Волги. Среди многочисленных способов лова рыбы только один мог оказывать непосредственное влияние на природные комплексы дельты. Это учуг – деревянная плотина, или забойка, которая возводилась перпендикулярно руслу небольших водотоков (рисунок 34в). Данным способом велась в основном добыча осетровых. Устройство учугов такого типа часто способствовало размыву берегов и дальнейшей бифуркации русла, или, как называли это явление местное население, раздору. В начале XIX века их было более шестидесяти, что почти соответствовало числу крупных водотоков в центральной дельте (Черкасов, 1860).

Учуги, а также возникавшие вблизи них небольшие временные поселения добытчиков рыбы – ватаги, впоследствии становились постоянными населёнными пунктами, которые существуют до настоящего времени. Постройки возводились на урочищах, которые в наименьшей степени могли быть затоплены в период половодья и морских нагонов: бэровских буграх, русловых урочищах высокого уровня и прирусловых валах.

Наибольшее влияние на ПТК центрального района ландшафта дельты Волги как на данном этапе, так и в последующие оказывало земледелие. Окрестности Астрахани не случайно стали первым центром земледелия в исследуемом регионе. Этому способствовали концентрация здесь бэровских бугров. Высокие уровни половодья и его большая продолжительность приводили к затоплению основной части урочищ. Исключение составляли бугры Бэра с окружающими их шлейфами и русловые и култучноравнинные урочища высокого уровня, которые периодически заливались полыми водами. В результате земледелие велось в основном на обвалованных участках. Валами огораживались межбугровые

ильмени, а также русловые и култучноравнинные урочища низкого и среднего уровней. Насыпи в целях экономии сил и средств старались возводить на урочищах высокого уровня, таких как гривы, прирусловые валы и т.п. В роли естественной преграды для полых вод выступали Бэровские бугры. В результате возникала сложная система обвалованных ПТК. На обвалованных участках обычно не было сплошного засева одной культурой. Урочища разного уровня с разной степенью увлажнения и различным почвенным покровом использовались для выращивания различных овощей, реже зерновых. Кустарники и фруктовые деревья сажали по гривистым урочищам, прирусловым валам, бугровым шлейфам и непосредственно на буграх. В целях сохранения почвенной влаги, а также учитывая то, что нижележащие слои грунта могут быть засоленными, производили неглубокие вспашки угодий легким плугом – сабаном. Орошение на высоких участках осуществлялось с применением водоподъемных устройств – чигирей, приводившихся в движение тягловой силой. Для полива растений в осенний, меженный период, воду весной часто задерживали в водотоках – ериках, перегораживая их с двух сторон плотинами. Орошаемые угодья обычно после двух-трех лет эксплуатации подвергались засолению или зарастали сорняками. Для их восстановления применялась система «водяного» пара, при которой используемые ПТК на несколько лет заливались полыми водами. В результате сорняки гибли и происходило рассоление почвогрунта (Лакин, 1903). Скотоводства в данный период, как и в предыдущий не являлось основным видом деятельности населения центральной дельты, что было обусловлено затоплением основных ПТК, используемых под пастбища, в период половодья. Данный этап освоения центрального района ландшафта дельты отличается относительно слабой степенью её заселения, которое существенно усилилось во второй половине XIX в.

Государственная реформа 1861 года, которую можно считать началом третьего этапа, вызвал новый мощный приток переселенцев в низовья Волги, которые прибывали в основном из Центральной России и Украины. В дельту перемещались также разорившиеся крестьяне из поселений Волго-Ахтубинской поймы. Открытие регулярного пароходства на Волге способствовало развитию

различных товарных отраслей хозяйства дельты (Перцева, 1962). Здесь продолжают формироваться новые и увеличиваться прежние рыбацкие поселения, жители которых стали заниматься частиковым промыслом взамен ушедшему в Каспий лову осетровых. Согласно Всероссийской переписи населения 1897 года, в дельте сформировалось 35 селений с количеством жителей более 500 человек.

Развитие рыночных отношений дало мощный скачок развитию земледелия в дельте. В 1914 году в дельте под садами было занято свыше 4000 га, которые к этому времени располагались вблизи Астрахани (Статистический обзор Астраханской губернии, 1915). Резкое увеличение обвалованных ПТК в конце XIX – начало XX в.в. привели к резким противоречиям между быстро развивающимся сельским хозяйством и рыболовством. Наибольший вред воспроизводству рыбы наносило обваловывание русловых ильменей и прилегающих к ним ПТК, являющихся самыми лучшими местами нереста.

В середине 30-х гг. XX в. в исследуемом районе ландшафта дельты стали изучаться возможности промышленного выращивания риса, который был здесь известен со времен Ивана Грозного. Первые опыты были проведены на опытном поле вблизи с. Красный Яр (Чамышев, 2005). Последующие исследования подтвердили возможность и целесообразность возделывания риса в низовьях Волги. Для этого больше всего подходили неглубокие ильмена и култучноравнинные и русловые урочища низкого уровня, располагающиеся вблизи водотоков, так как для выращивания данной культуры необходимы большие объемы воды. Рассматриваемый период хозяйственного освоения ПТК центрального района ландшафта дельты Волги в целом характеризуется продолжающейся специализацией использования различных видов урочищ в тех или иных целях, а также увеличением площадей используемых геосистем. Бугры Бэра с окружающими их шлейфами и урочища высокого уровня из других групп ПТК использовались в основном под пастбища, реже под пашню и сады при условии последующего орошения. Урочища среднего уровня, особенно култучноравнинные и русловые, продолжали оставаться лучшими сенокосными угодьями и нерестилищами. Они же все чаще использовались в земледелии с

обязательной обваловкой. Аналогичные функции во многом выполняли и урочища низкого уровня, специфичная растительность которых снижала их значение как сенокосов, что компенсировалось использованием данных ПТК для выпаса крупного рогатого скота и лошадей, особенно в осенний период. Постоянно возрастало использование под земельные угодья водоемов-ильменей, особенно межбугровых. Орошаемое земледелие постепенно отходило от системы «водяного» пара к механизированному поливу.

Первые десятилетия четвёртого этапа, начало которого совпало с окончательным зарегулированием волжского стока, отличаются резким увеличением площади земельных угодий под овоще-бахчевые культуры и рис. Ландшафт дельты Волги, особенно его центральный район, вместе с Волго-Ахтубинской поймой, превращается в так называемый «всесоюзный» огород. Использование ПТК под пашню нередко проводилось без должного научного обоснования. Примером могут быть урочища, сформировавшиеся на морских островах, которые ввиду своей песчано-супесчаной литологической основы были малоэффективны для производства сельскохозяйственной продукции, а их эксплуатация требовала повышенных расходов воды.

Строительство крупных рисовых оросительных систем в Поволжье началось после выхода постановления Совета министров РСФСР в 1964 г. «О развитии рисосеяния в колхозах и совхозах Астраханской области». В последующее десятилетие было построено около 100 тыс. га оросительных систем инженерного типа.

Однако применение традиционных интенсивных технологий затопляемого риса существенно осложнило экологическую обстановку тем, что все коллекторно-дренажные и сбросные воды с рисовых чеков отводились в водотоки дельты.

Площадь сенокосных угодий в пределах дельты р. Волги направленно снижалась от 1970-х к 2000-м гг., после чего практически не изменялась (Валов, 2018). В данном виде хозяйственной деятельности в основном используются русловые и култучноравнинные урочища среднего уровня, что обусловлено соответствующими растительными сообществами.

Мощное воздействие на русловые, а особенно култучноравнинные урочища низкого уровня в исследуемом регионе было связано со строительством в Астрахани целлюлозно-картонного комбината (АЦКК), который был введен в эксплуатацию в 1962 году. Данные урочища являются основным местообитанием тростника южного, который являлся главным сырьем для АЦКК на начальных этапах его работы. В 90-х годах прошлого столетия использование тростника было прекращено.

В рассматриваемый период существенно возросла нагрузка на самые устойчивые ПТК центрального района ландшафта дельты – бэровские бугры. Бугровая толща использовалась для строительства заградительных валов, прокладки дорог, а лежащие в основании хвалынские глины в производстве кирпича. В результате поверхность многих бугров, особенно в окрестностях Астрахани и вблизи населенных пунктов, осложнена карьерами.

Скотоводство в ландшафте дельты Волги, том числе и в центральном районе, на протяжении всех этапов хозяйственного освоения не являлось основной отраслью, а скорее имело второстепенный характер в виду малых площадей пастбищ. Это объясняется продолжительным половодьем до момента окончательного зарегулирования Волги, резким ростом пашни с 70-х годов прошлого столетия и сократившимися сроками половодья в последние десятилетия, что не способствует формированию необходимой для выпаса растительности.

Данный этап хозяйственного освоения центрального района ландшафта дельты реки Волга, несмотря на свою непродолжительность, привёл к возникновению различных антропогенных модификаций ПТК и существенной трансформации исследуемого региона. Виды хозяйственного использования природных комплексов разнообразны, могут занимать различные площади и пространственное расположение в пределах того или иного урочища.

4.4. Анализ пространственно-площадного распределения факторов антропогенного преобразования урочищ центрального района ландшафта дельты Волги

Начальным этапом оценки антропогенной преобразованности центрального района ландшафта дельты Волги является анализ пространственно-площадного распределения факторов антропогенного преобразования урочищ. Как правило, они представлены различными видами хозяйственного использования ПТК, которые часто ведут к изменению его морфологической структуры.

Всё, что происходит в пределах ПТК, происходит на определенной площади. Поэтому важным моментом в исследовании антропогенной преобразованности ПТК является анализ сложившейся системы использования природных комплексов с учётом их пространственной организации и площадных соотношений естественных ПТК, которыми в настоящем исследовании являются урочища, и их модифицированных участков.

Выявление основных факторов антропогенного преобразования геосистем по данным ДЗЗ выполнялась в следующем порядке:

- выделение по космическому снимку границ различных типов хозяйственного воздействия;
- идентификация видов хозяйственного использования в пределах границ естественных геосистем (в данном случае урочищ).

Анализ ранее проведённых исследований, посвящённых факторам антропогенных изменений ПТК, позволил выявить их аналоги в исследуемом районе ландшафта дельты Волги. К ним относятся следующие: сенокосы, пастбища; сельскохозяйственные угодья (залежные земли, возделываемые земли, рисовые чеки); карьеры; искусственные водные объекты (пруды); промышленные постройки; кладбища; застройка сельская и прилегающие территории; застройка городская и прилегающие территории.

В 90-х годах многие крупные мелиоративные системы дельты Волги перестали эксплуатироваться. На огромных площадях появились совершенно

новые природно-технические системы. Так при отсутствии орошения большая часть пахотных земель трансформировалась в залежи.

Одним из последних научных анализов состояния сельскохозяйственных земель дельты Волги был предпринят по состоянию на 2014 год (Балдина, Трошко, 2016). Однако с того времени такие работы больше не проводились. Кроме того, не фиксируются работы, в которых рассматривалось пространственное распределение ПТК дельты Волги, используемых в сельском хозяйстве. Немаловажную роль в постагрогенном развитии экосистем орошаемых в прошлом земель играет и их возраст (Люри и др., 2010). Возраст залежей можно определить исходя из того, в какой временной интервал тот или иной участок возделывался в последний раз. Однако молодые залежи могли снова войти в категорию возделываемых земель, а потом выйти из этой категории вновь. Фиксирование таких земель затруднительно из-за анализа большого временного промежутка, доступного к исследованию (архив снимков Landsat), а достоверное определение возраста залежей часто невозможно ввиду отсутствия соответствующей документированной информации о времени прекращения обработки. Тем не менее, возраст залежей можно определить по составу залежной растительности. Однако сам состав залежной растительности в дельте Волги очень разнообразен и зависит от следующих причин: длительности распашки, набора культурной растительности, характера возделывания земли, положения распаханного ранее участка, типа естественной растительности на данном и соседнем участке.

По результатам проведенных работ в центральном районе ландшафта дельты реки Волга выделено несколько типов сельскохозяйственных земель (рисунок 35).

Таковыми землями являются: территории, используемые как пашни (рисунок 35д); залежные земли, с отсутствующим или редким покрытием кустарниковой естественно-рудеральной растительности (рисунок 35а); залежные земли, с умеренным покрытием кустарниковой естественно-рудеральной растительности (рисунок 35б); залежные земли, с высоким покрытием древесно-кустарниковой естественно-рудеральной растительности, в том числе с лоховыми лесами (рисунок

35в). Было установлено, что некоторые территории, вошедшие в последнюю группу, могут периодически заливаться водой, однако такие случаи редки, а причиной может служить разрушения в дренажно-оросительной системе.

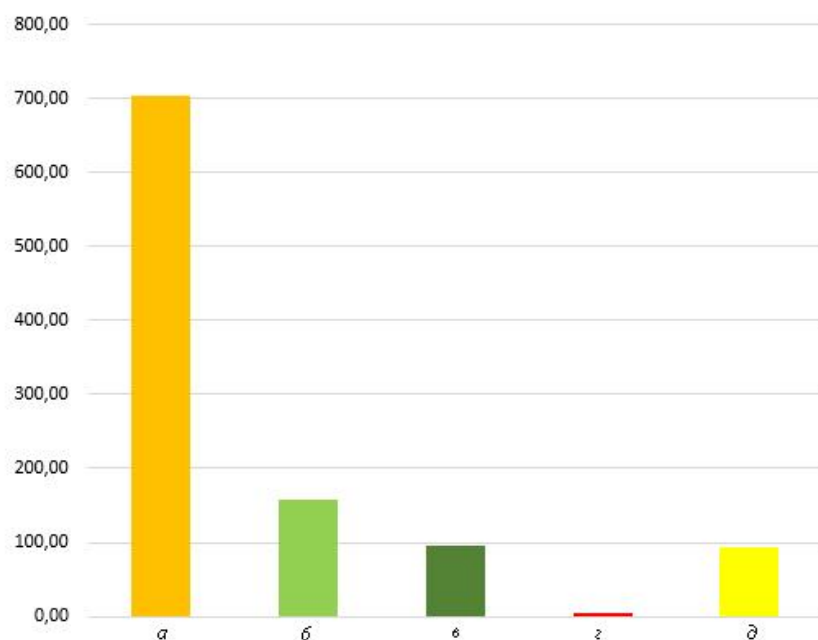


Рисунок 35. Возделываемые сельскохозяйственные территории и залежные земли в пределах центрального района ландшафта дельты Волги, км²

На отдельных участках наблюдалась тенденция смены вида использования, например, использование рыбоводных прудов под пашню и наоборот. Такое наблюдается южнее г. Камызяк, а также вблизи села Начало, поселка Кизань и других участках. В отдельную группу выделяются территории, ранее используемые как пашни, с присвоенным статусом земель под застройку (по данным Публичной кадастровой карты по состоянию на май-июнь 2019г.) (рисунок 35г). Такие земли встречаются преимущественно у г. Астрахань и с. Началово, однако площадь их очень мала. Пространственное распределение типов использования ПТК в центральном районе ландшафта дельты Волги представлено на рисунке 36.

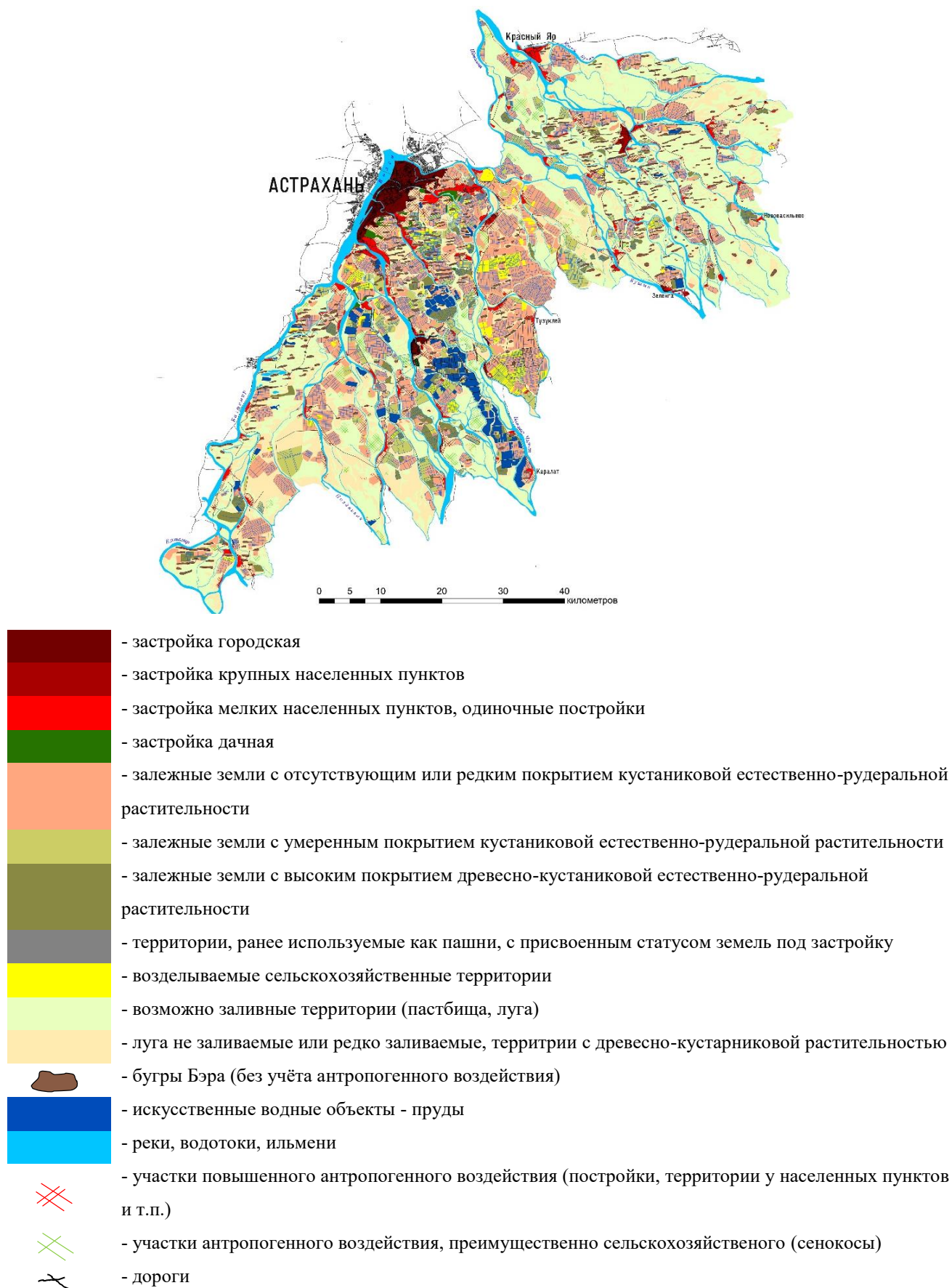


Рисунок 36. Пространственное распределение типов использования ПТК в центральном районе ландшафта дельты Волги (составлено автором)

Проведенный анализ изображений данных ДЗЗ оптического и радиоволнового диапазонов (рисунок 37, рисунок 38) позволил выявить ареалы застройки, общей площадью чуть более 165 км².

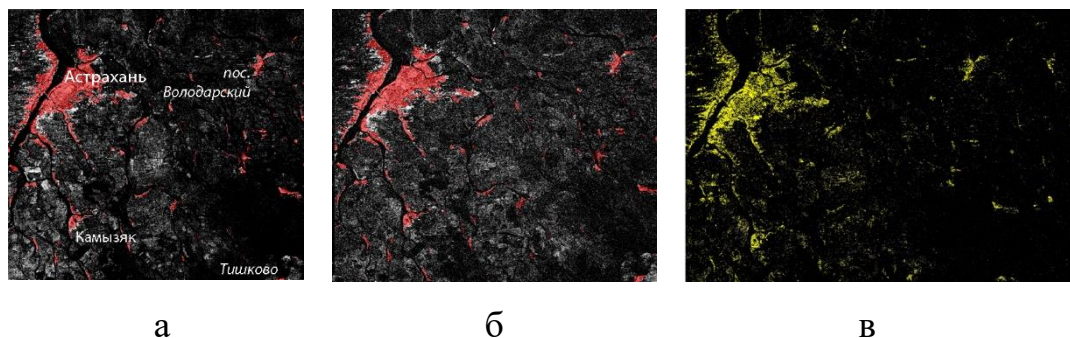


Рисунок 37. Результаты обработки данных, полученных со спутника Sentinel-1A, уровня обработки SLC: а, б – соответственно VV, VH поляризация (красным выделены нанесённые векторные данные, полученные от Росреестра); в – результат классификации методом Random Forest

При анализе данных ДЗЗ хорошо выделялись как естественные водные объекты, так и искусственные (рыбоводные) пруды: искусственные объекты, как правило, обвалованы, чаще имеют прямоугольную форму. Показатель индекса, близкий к единице (ярко-белый цвет) указывает на наличие водного объекта.

Как видно на рисунке 39, искусственные водные объекты (пруды) расположены преимущественно на юге исследуемого региона, обычно ориентированы субмеридионально, что соответствует их организации вблизи крупных водотоков.

Бугры Бэра ввиду их широкого распространения в центральном районе ландшафта дельты Волги были дополнительно изучены по данным Ресурс-П, однако следует отметить, что ранее были попытки оценить степень преобразования бугров Бэра при помощи данных ДЗЗ, однако исследование проводилось без полевого обследования на основе анализа картографического материала, с применением данных с космических аппаратов Landsat-7 и Landsat-8 (Умаров, 2015).

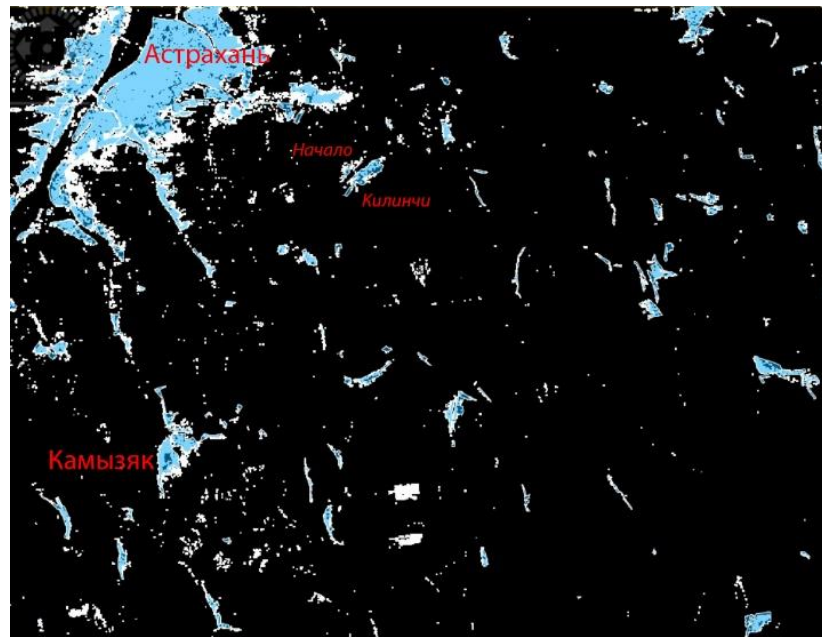
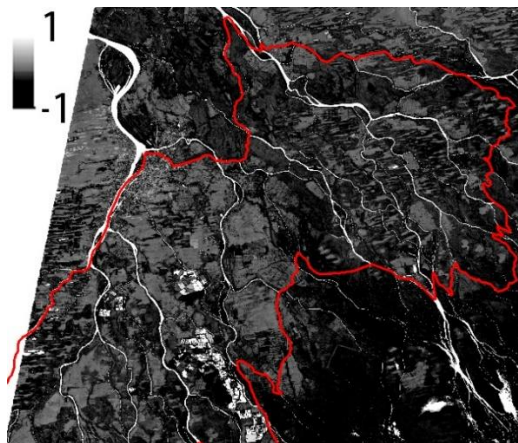
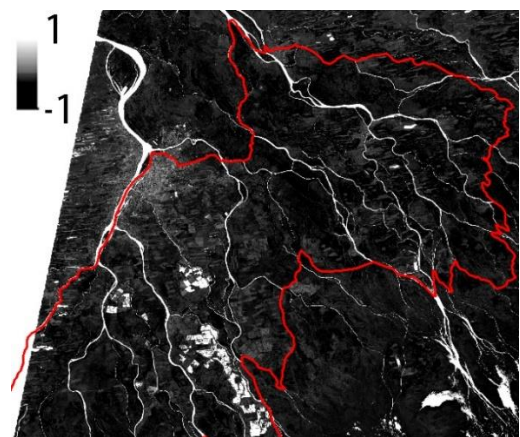


Рисунок 38. Изображение участка центрального района ландшафта дельты р. Волги после окончательной обработки данных со спутника Sentinel-1A (уровень обработки GRD, VH и VV поляризация): белый цвет – территория застройки; голубой – нанесённые векторные данные, полученные от Росреестра



а



б

Рисунок 39. а – изображение, полученное в ходе расчета индекса NDWI, б – изображение, полученное в ходе расчета индекса MNDWI. Красной линией выделена центрального района ландшафта дельты реки Волга

Основные типы антропогенного преобразования бугров и их площадные показатели представлены в таблице 15. Было выявлено, что в общей сложности более половины площадей бугров подверглась антропогенному преобразованию.

Таблица 15. Основные типы антропогенного преобразования бугров Бэра и их площадные показатели

Наименование выделенного антропогенного фактора	Площадь выделенного антропогенного фактора, км ²
Застройка городская	3,574
Застройка сельская	7,971
Застройка дачная (дачи)	1,605
Крупные карьеры с промышленными постройками	4,234
Карьеры крупные	15,877
Карьеры мелкие, выемки, дороги	24,124
Сельскохозяйственные земли (пашни/залежи) <i>вместе со шлейфами</i>	31,5
Кладбища	2,4
Прочее (водные объекты и т.п.)	0,114
<i>Итого*</i>	<i>91,4</i>

* – общая площадь выделенных бугров Бэра составляет 126,1 км²

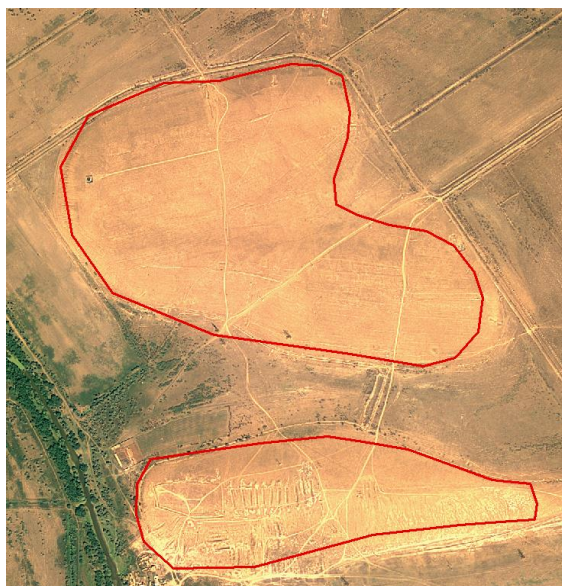
Характер их изменений может быть различным: один ландшафтный бугровой выдел может быть полностью нарушен или на нем встречается несколько видов антропогенного влияния, в том числе и карьеры (рисунок 40). Следующий выдел может быть изменен наполовину и только одним видом антропогенного преобразования. На другом ландшафтном выделе наоборот, при автоматической классификации не выделяется антропогенной трансформации вследствие того, что

бугор ранее мог быть использован в сельскохозяйственных целях и в настоящее время идёт процесс самовосстановления. Примеры проведённой работы можно наблюдать на рисунке 41. Итоговые площадные показатели типов хозяйственного использования различных видов урочищ центральной части дельты представлен в таблице 16.



Рисунок 40. Карьер в пределах бугра Бэра

Далее был проведён анализ таблицы, который носит двойной характер. В начале рассматривалась доля групп урочищ и их видов в пределах того или типа хозяйственного использования ПТК. Затем были выявлены особенности распределения типов хозяйственного использования природных комплексов в группах урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга. В первом случае результаты анализа могут использоваться в различных видах проектно-планировочных работ, во втором – при разработке рекомендаций по охране и рациональному использованию ПТК.



a1



a2



б1



б2



в1



в2

Рисунок 41. Примеры полигонов бугров Бэра (a1, б1, в2), ареалы антропогенного преобразования, выявленные в ходе классификаций изображений Ресурс-П (a2, б2, в2)

**Таблица 16. Площади типов хозяйственного использования видов урочищ
центрального района ландшафта дельты реки Волга**

Название естественных (восстановленных) ПТК, их площадь, км ²		Типы хозяйственного использования ПТК и их площадь, км ²						
		ПТК под промышленной и городской застройкой	ПТК под сельской застройкой	ПТК под залежами	ПТК под пашней	ПТК под сенокосами	ПТК под пастбищами	ПТК под искусственными водоемами
Русловые урочища высокого уровня, плоские	14.0		1,48	2,52	1,7		8,3	-
Русловые урочища среднего уровня, плоские	44.5			14,48	2,61	24,18		3,17
Русловые урочища низкого уровня, плоские	65.8		1,38	12,67	1,21	30,84	16,38	3,40
Мелкогри вистые русловые урочища высокого	60.5	3,38	4,49	17,4	1,10	19,76	14,23	0,08
Мелкогри вистые русловые урочища среднего	402.5	8,14	17,35	92,81	8,79	143,86	129,54	2,03
Мелкогри вистые русловые урочища низкого	640.2	27,06	16,16	92,18	12,30	301,98	185,15	5,37
Русловые урочища низкого уровня, пологовых	68.0	3,73	1,79	32,09	5,57	16,36	9,12	-
Русловые урочища среднего уровня, пологовол	23.5		1,89	11,71	1,42	1,4	7,08	-

Продолжение таблицы 16. Площади типов хозяйственного использования видов урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга

Русловые урочища высокого уровня, пологие	7,2		0,37	0,41	-	5,30	1,11	-
Русловые урочища низкого уровня, гривистые	37,6		0,21	0,67		27,94	8,79	-
Русловые урочища среднего уровня, гривистые	62,8		1,47	9,32	4,31	28,18	19,58	0,02
Прирусловые валы	20,8	2,77	6,8			7	4,2	0,12
Култушно-равнинные урочища низкого уровня,	641,3 2	0,22	1,21	185,15	10,51	294,64	107,07	43,27
Култушно-равнинные урочища среднего уровня,	548,9 1		8,39	203,55	18,14	178,61	120,26	20,06
Култушно-равнинные урочища среднего уровня,	10,48		0,03	7,81	-	0,29	2,33	-
Култушно-равнинные урочища высокого уровня,	171,9 5		7,62	74,73	6,71	22,52	58,33	2,80
Култушно-равнинные урочища низкого уровня	94,87		0,56	18,75	0,03	46,23	27,88	1,26
Култушно-равнинные урочища гривистые среднего	59,54	1,5	1,49	9,79	-	14,90	31,09	0,87
Култушно-равнинные урочища гривистые высокого	12,95	3,10		7,21	-	1,57	1,06	-

Продолжение таблицы 16. Площади типов хозяйственного использования видов урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга

Бугры Бэра	126.1	3,57	9,52	28,6	-	-		-
Шлейфы бугров	147.5	2,6	9,69	2,9	-	-	99,57	0,19
Межбугро вые урочища, пологовог нутые	34.8		0,34	13,18	0,56	12,06	9,2	-
Межбугро вые урочища, пологонак лонные	52.7		2,06	24,46	0,58	8,64	17,01	-
Межбугро вые урочища, пологонак лонные	59.1	1,38	6,69	21,29	9,29	0,71	20,10	0,15
Гривисты е урочища низкого уровня, сформиро	9,24			4,64	-	2,02	2,58	-
Гривисты е урочища среднего уровня, сформиро	24,73		2,06	8,92	2,14	4,34	7,27	-
Гривисты е и крупног ри истые урочища	18,38		0,67	13,1	0,60	0,30	3,71	-
Ильмень межбугро вой	46,04	4,82	0,15	18,42	2,21	10,83	6,78	2,83
Култучны й ильмень	53,77			12,69	0,61	26,4	7,01	7,06
Ильмень русловой	14,69	1,26		8,29	1,11	3,51		0,52

Продолжение таблицы 16. Площади типов хозяйственного использования видов урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга

Итого		63,53	105,83	949,74	91,5	1234,35	924,73	93,2
-------	--	-------	--------	--------	------	---------	--------	------

Особенности распределения групп урочищ и их видов в пределах того или типа хозяйственного использования ПТК отражены в диаграмме (рисунок 42). Всего под застройку различных типов в пределах центрального района ландшафта дельты Волги занято свыше 169,4 км² урочищ различных групп, что составляет 4,3% всей исследуемой территории. На городскую и промышленную застройку приходится 63,53 км², или 37,4% площади всех ПТК, подвергнутых воздействию данным фактором. Из них около 12% составляют бэровские бугры, окружающие их шлейфы и межбугровые урочища высокого уровня. Около 71% приходится на русловые урочища, в основном мелкогрядистые низкого и среднего уровня, и 9,7% застройки данного типа расположено на месте межбугровых и русловых ильменей. Данные показатели отражают исторический ход формирования городских территорий в дельте Волги, и в первую очередь г. Астрахани. Возникнув на ПТК бугровой группы, город с первой четверти XIX века стал осваивать прилегающие к ним русловые и кулечные урочища, а также русловые валы. Технические возможности того времени и высокая обводненность территории не давали возможности осваивать большие площади. Интенсивная застройка, начавшаяся в 60-х годах прошлого столетия, стала захватывать распространенные в окрестностях Астрахани мелкогрядистые русловые урочища и осушенные водоемы.

Распределение ПТК под застройку в сельской местности выглядит следующим образом. Свыше 26% всей площади, застроенной вне городских территорий, приходится на группу бугровых урочищ и 6,4% на прирусловые валы. Данные урочища также осваивались человеком в первую очередь, так как практически только они не затопливались в периоды высоких и продолжительных

половодий. Зарегулирование Волги, а также массовое возведение валов, предохраняющих сельскохозяйственные угодья от затопления, позволили осваивать под сельскую застройку культурно-равнинные урочища, в основном среднего и высокого уровней (18,24%) и русловые, в первую очередь мелкогрядистые (44,02%).

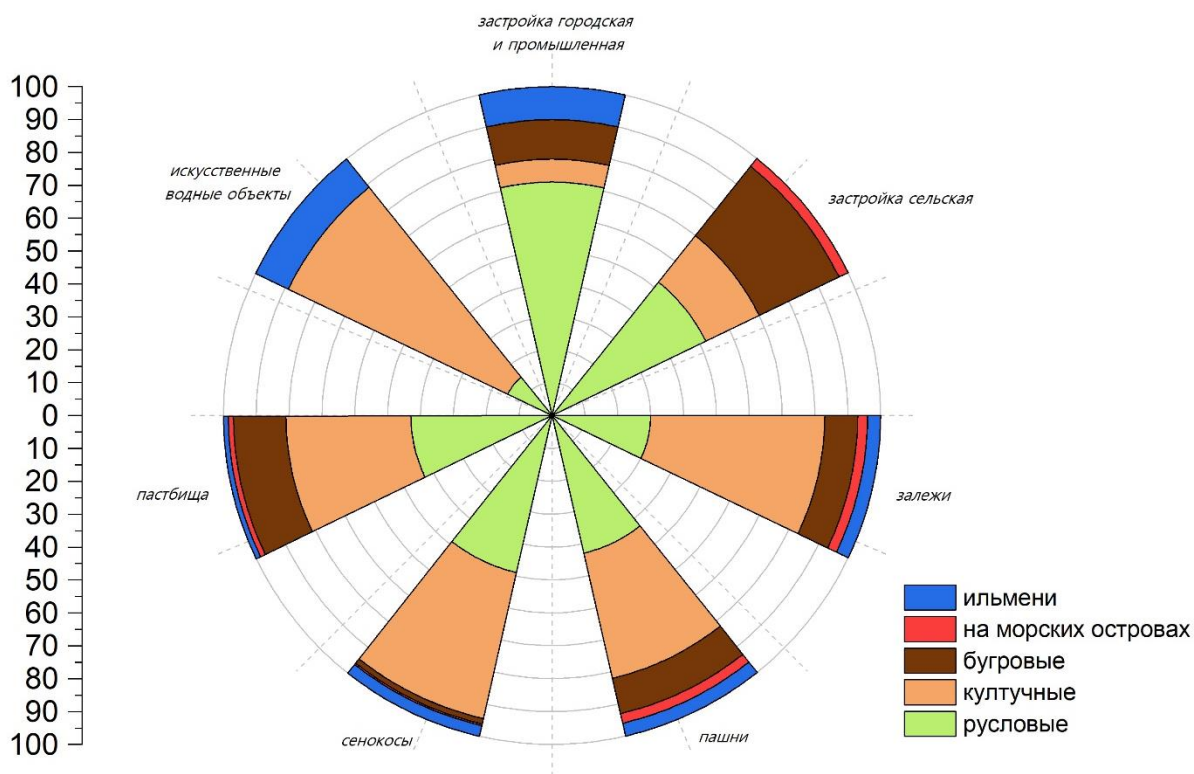


Рисунок 42. Соотношение групп урочищ центрального района ландшафта дельты Волги в типах хозяйственного использования ПТК (%)

Интересно, что более 2,5% застройки в сельской местности в пределах центрального района ландшафта дельты реки Волга расположено на базе урочищ, сформировавшихся на основе морских островов. Подтверждением может служить название населенного пункта Чулпан, которое, по одной из версий, означает круглый или овальный невысокий песчаный холм, что во многом соответствует морфологии данных ПТК.

Залежи и пашня занимают 26,7% центрального района ландшафта дельты Волги. Соотношение залежей и пахотных земель в пределах исследуемого региона существенно варьирует у разных видов урочищ. Например, площадь залежей на

плоских русловых урочищах высокого уровня только в полтора раза превышает показатели современной пашни, тогда как у межбугровых урочищ среднего уровня такое превышение составляет более чем сорок раз.

Свыше 60% всех залежей и 54,7,8% современной пашни приходится на мелкогивистые русловые и плоские култучноравнинные урочища низкого и среднего уровня. На русловые гивистые, пологовогнутые и плоские урочища приходится 8,8% залежных земель и свыше 18% пашни. В данной группе ПТК нагрузка по данному фактору вновь ложиться на урочища низкого и среднего уровней, в основном плоские и пологовогнутые. Гивистые урочища как в данной группе, так и в култучноравнинных, использовались и продолжают подвергаться распашке гораздо реже. Доля гивистых и крупногивистых урочищ, сформировавшихся на основе морских островов, в составе современной пашни не превышает 3%, а в составе залежных земель на данные ПТК приходится 2,8%.

В группе бугровых урочищ под пашню в настоящее время используются в основном межбугровые урочища высокого уровня. Это можно объяснить частым засолением урочищ низкого и среднего уровня. Бугры Бэра и окружающие их шлейфы вод пашню не используются. В составе современной пашни на долю данной группы ПТК приходится свыше 11%. В составе залежных земель бугровые урочища занимают 9,5% площади.

Среди водоёмов-ильменей осушке и последующей распашке подвергались в первую очередь те, которые сформировались в межбугровых понижениях, что подтверждается историей хозяйственного освоения ПТК региона исследования. В меньшей степени использовались култучные и русловые ильмени. В составе залежных земель и пашни на долю ранее существовавших водоёмов приходится по четыре процента площадей.

Таким образом, в пределах центрального района ландшафта дельты Волги под распашку использовались и продолжают использоваться в основном култучноравнинные и русловые урочища низкого и среднего уровней, как правило плоские и мелкогивистые. В целом площадь ПТК, находящихся под залежами, более чем в десять раз превышает площадь природных комплексов, используемых

под пашню. Основная часть урочищ, подвергнутых распашке в разное время, располагается вблизи сельских населённых пунктов и в пригородах, в целом концентрируясь в центральной части исследуемого региона.

Расчёт площади урочищ, использование которых согласно распространенной терминологии звучит как «сенокосные угодья» показал, что они занимают 1234,35 км², что составляет 31,68% от всей площади центрального района ландшафта дельты реки Волга. Необходимо отметить, что данное определение хозяйственного типа хозяйственного использования ПТК носит в определенной степени условный характер. Многие из урочищ данной группы в период половодья выполняют функцию временных нерестилищ. После спада воды они используются для сенокосения, а затем как пастбища.

Почти 60% площади данных угодий приходится на урочища низкого уровня, в основном култучноравнинные плоские и русловые мелкогравистые, а 32,77% - на урочища среднего уровня этих же видов. Данные показатели свидетельствуют о «смещении» сенокосов на ПТК низкого уровня в виду непродолжительного половодья, и могут рассматриваться как следствие антропогенной трансформации исследуемой части дельты. На долю прежних ильменей приходится 3,3% сенокосных угодий.

Под категорию «земли пастбищ» попадает 23,7 % площади центрального района ландшафта дельты реки Волги. Фрагменты урочищ, входящие в данный тип хозяйственного использования ПТК, в некоторых случаях используются для сенокосения. Здесь вновь преобладают русловые мелкогравистые и култучноравнинные урочища низкого и среднего уровней, на которые приходится около 72% пастбищ. Под данную категорию попадает 145,9 км² бугровых урочищ, что составляет 15,8% от всех угодий, используемых для выпаса скота. Бывшие ильмени в составе пастбищ занимают 1,5%. Анализ пространственного распределения сенокосов и пастбищ показывает, что они получили наибольшее распространение в юго-западной части центрального района ландшафта дельты, а также в ее восточной половине.

В составе искусственных водоёмов 73,4% площади приходится на култучноравнинные урочища, 15,1% на русловые, и 11,2% занимают первичные водоёмы.

Соотношение типов хозяйственного использования ПТК в группах урочищ центрального района ландшафта дельты Волги отражено в диаграмме (рисунок 43). Процентные показатели застройки различного типа в той или иной группе урочищ выглядит следующим образом. В култучноравнинных ПТК городская застройка занимает 0,32% от площади группы, а на сельскую приходится 1,3%. На городские и промышленные объекты приходится 3,12% площади всех русловых урочищ, на застройку сельского типа 3,69% данной группы. В группе бугровых урочищ городская и промышленная застройка занимает 1,8% площади, сельская 6,74%. Урочища, сформировавшиеся на основе морских островов, на 5,25% своей площади заняты сельскими постройками и соответствующей инфраструктурой. Городской и промышленной застройкой освоено 5,28% водоёмов-ильменей. Городской и промышленной застройкой освоено 5,28% водоёмов-ильменей.

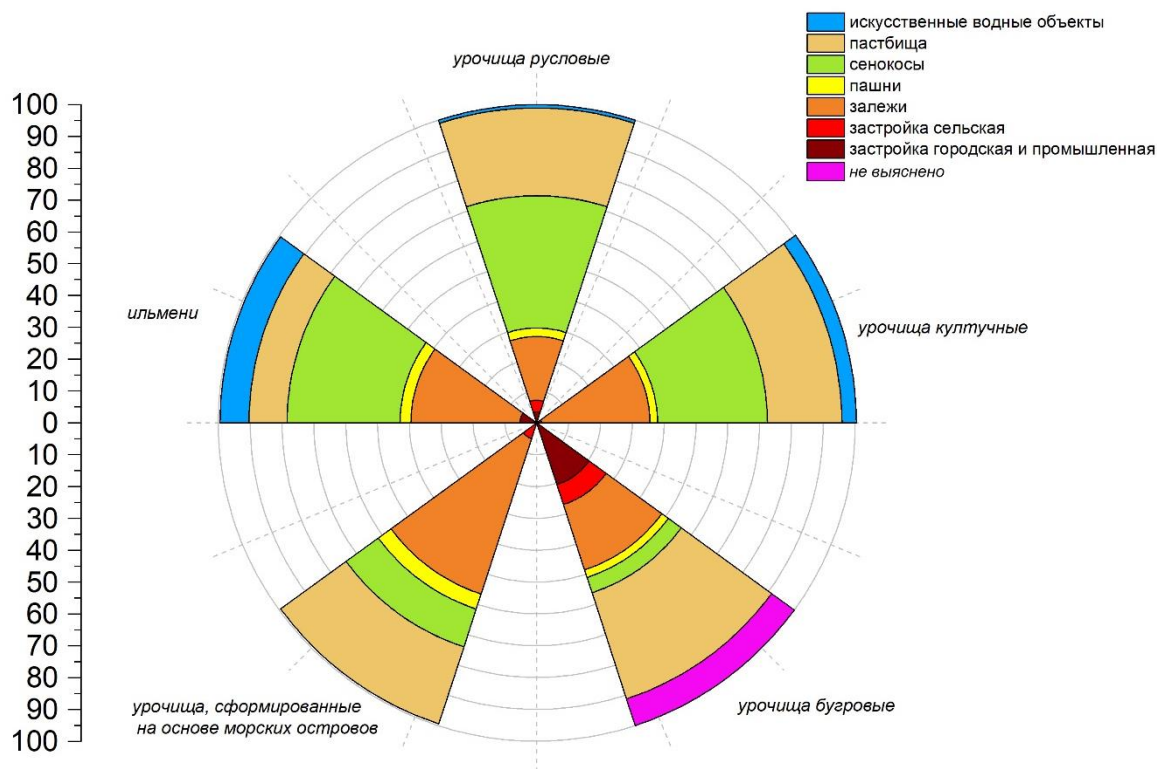


Рисунок 43. Соотношение типов хозяйственного использования ПТК в группах урочищ центрального района ландшафта дельты Волги (%)

Анализ соотношения площадных показателей групп естественных (восстановленных) ПТК ранга урочище и площадей залежей и пашни в этих группах даёт следующие результаты. В группе култучноравнинных урочищ 34% всей поверхности занята залежами и 2,4% используется под пашню. Аналогичные показатели для русловых урочищ составляют 19,8% и 2,7%. В группе бугровых урочищ под залежами находится 21,5% всех урочищ группы, а на долю пашни приходится 2,5%. В природных комплексах, сформировавшихся на месте морских островов, 51,3% всей площади представлено залежными землями, в результате вместе с современной пашней более 56% данных ПТК подвергнуто распашке. В осушённых ильменях различного типа залежами занято 34,26% площади, а под пашней находится 3,41%.

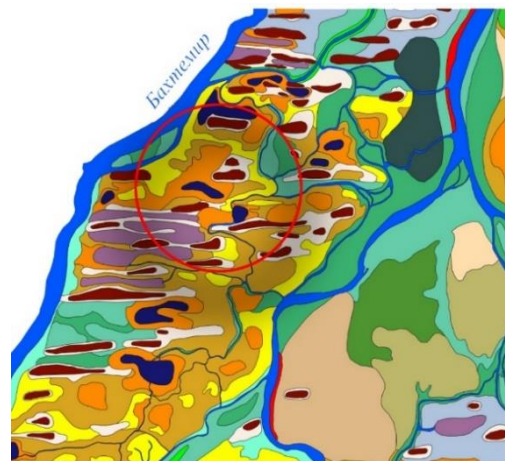
Доля сенокосов и пастбищ в различных группах природных комплексов центрального района ландшафта дельты Волги неодинакова. Наибольшие показатели характерны для русловых урочищ, в составе которых на сенокосы приходится 42% всей площади данных ПТК, а на пастбища 27,88%. Несколько меньшими показателями отличается группа култучноравнинных урочищ, в которых сенокосы занимают 34,48% площади группы, а под пастбищами расположено 23,34% данных ПТК. В бугровых урочищах около 35% всей площади приходится на пастбища, и лишь 5,1% всех ПТК группы можно использовать под сенокосение. В группе урочищ, сформировавшихся на месте морских островов, 12,48% площади занимают сенокосы, и 25,42% пастбища. На сенокосы и пастбища в составе водоемов-ильменей приходится 35,42% и 12% их площади. Искусственные водоемы, отмечаемые в пределах исследуемого региона, занимают 9% площади ильменей, 0,98% русловых урочищ, 4,58% площади култучноравнинных ПТК.

В ходе проведенных исследований была установлена взаимосвязь типов хозяйственного использования ПТК и морфологической структуры центрального района ландшафта дельты р. Волги. Выявлено, что участки со сложной морфологической структурой ПТК, и, соответственно, высоким уровнем

ландшафтного разнообразия, практически не подвергались большинству видов хозяйственного воздействия, за исключением использования ПТК под пастбища (рисунок 44). Такие территории были отмечены вблизи рукава Бахтемир напротив с. Икрыное, южнее населенного пункта Марфино и т.д.



а



б

Рисунок 44. Территория со сложной морфологической структурой и отсутствием признаков использования земли (выделено красным) вблизи рукава Бахтемир, напротив с. Икрыное. а – фрагмент RGB композита «естественные цвета» по данным Sentinel-2A со слоем векторных данных;
б – фрагмент ландшафтной карты

Синтез ландшафтной карты центрального района дельты и пространственно-площадных показателей типов хозяйственного использования ПТК позволил разработать карту антропогенных модификаций урочищ центрального района ландшафта дельты Волги (рисунок 45). Она дала возможность провести оценку антропогенной преобразованности урочищ в пределах их естественных выделов (границ).

В ходе анализа преобразования ПТК центрального района ландшафта дельты Волги было выделено три основных направления пространственного (геометрического) преобразования ПТК (рисунок 46). Первым видом преобразованием является *полное преобразование*, которое представляет собой

замещение коренного ПТК на полностью преобразованные комплексы. Это хорошо прослеживается при тематической обработке данных ДЗЗ (классификации). Примерами могут служить урочища, занятые городской застройкой или урочища, отведённые под сельское хозяйство (рисунок 47а).

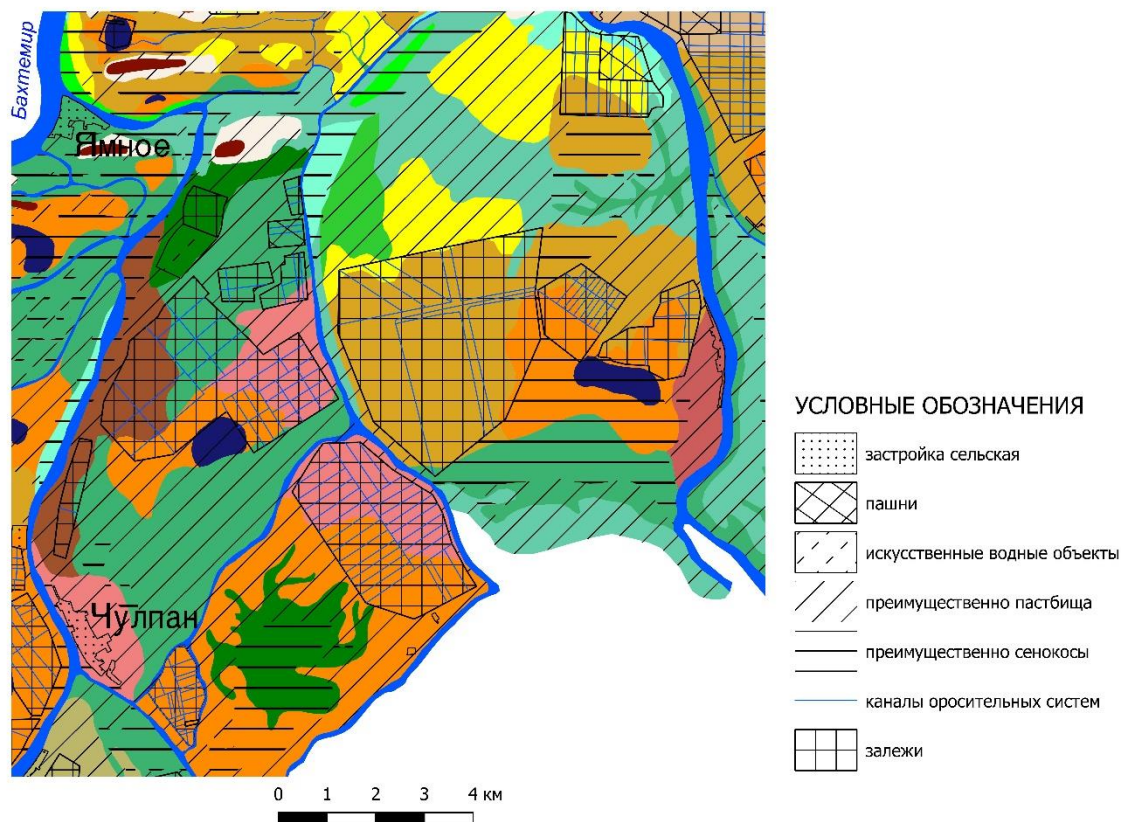


Рисунок 45. Фрагмент карты антропогенных модификаций урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга
(обозначение естественных ПТК см. в рисунке 28)

Вторым видом пространственного преобразования является *линейное преобразование* или *рассечение*. Такое преобразование расчленяет природные комплексы, нарушая их единую природную целостность. Рассечение представляет довольно частый вид преобразования ПТК. Наиболее ярко выраженное «рассечение» встречается на буграх Бэра (рисунок 47б), хотя такой вид геометрического преобразования встречается и на других видах ПТК.

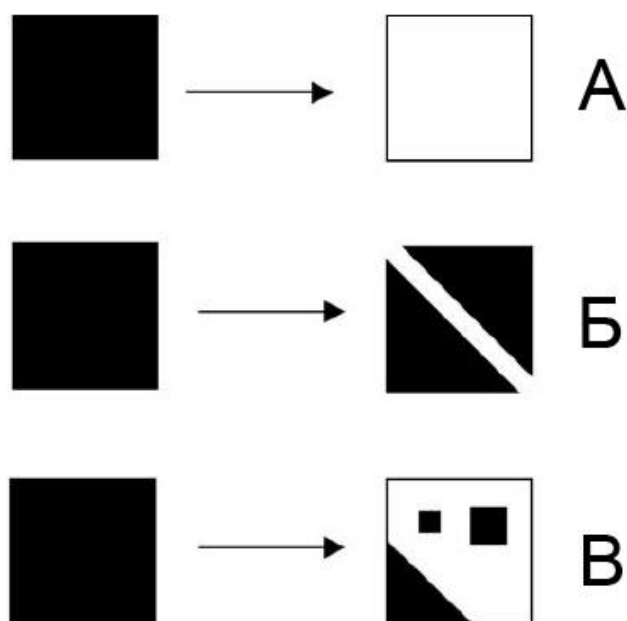


Рисунок 46. Основные виды пространственного преобразования ПТК в центральном районе ландшафта дельты Волги. А – замещение (полное преобразование); Б – линейное преобразование; В – фрагментация. Черные участки соответствуют естественным (условно коренным) ПТК, белые – преобразованным территориям

К линейным преобразованиям можно отнести прокладку дорог, линии электропередач и других линейные объекты. По мнению Ф.Н.Милькова, возможно говорить о формировании специфического дорожного ландшафта, характеризующегося «линейной» географией, сочетанием выемок, кюветов, обочин, насыпей с покрытиями дорог и сопутствующими сооружениями (мосты, туннели, переезды).

Дороги являются местом концентрации синантропных видов растений и животных и очагов формирования дигрессивных биоценозов. Формирующиеся на месте заброшенных дорог биоценозы длительное время отличаются от естественных (зональных) (Мильков, 1977).

Третьим основным типом геометрического преобразования является *фрагментация*. Она представляет собой постепенное замещение площади естественного ПТК «островами» территорий антропогенного воздействия.

Типичный пример данного вида преобразования – мозаичное использование геосистем, преимущественно культурных, в сельскохозяйственных целях (рисунок 47в).



Рисунок 47. Примеры разного вида пространственного преобразования урочищ;
а – полное; б – линейное (рассечение); в – фрагментация

4.5. Особенности определения антропогенного преобразования ПТК центрального района ландшафта дельты Волги

Способ определения антропогенного преобразования природных территориальных комплексов основывался на симбиозе использования данных ДЗЗ и ГИС-технологий, который облегчает анализ изменения геосистем за счёт автоматизации расчетов, возможности реализации логических алгоритмов при создании карт и моделей, совершенствования методов обработки и дешифрирования космических изображений (Коновалова и др., 2005).

Оценка антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов начиналась с отбора оценочных показателей, т.е. определения тех факторов антропогенного влияния, которые оказывают непосредственное воздействие на ПТК. Затем, с учётом имеющихся разработок по оценке антропогенной трансформации ПТК, которые были рассмотрены ранее, была составлена формула степени антропогенной преобразованности ПТК – $L_{antropo}$ – имеющая следующий вид:

$$L_{antropo} = \frac{SA_1 * k_1 + SA_2 * k_2 + ... + SA_n * k_n}{S_{NTC}}, \quad (3)$$

где SA – площадь модифицированного участка природного территориального комплекса, k – числовой коэффициент степени антропогенной преобразованности ПТК, S_{NTC} – площадь естественного природного территориального комплекса.

Таким образом, при ее использовании происходит суммирование площадных показателей ареалов хозяйственного использования ПТК с учетом числового коэффициента степени антропогенной преобразованности модификаций ПТК и соотношение полученных данных с площадью естественного ПТК (урочища).

Выбор числового коэффициента был также выделен на основе соотношений коэффициентов, рассматриваемых разными авторами (Шищенко, 1988б; Кочуров, 2003; Егоренко, Кочуров, 2005; Двинских и др., 2011; Ferrari, 2009; Rüdisser et al., 2012). Числовые коэффициенты представлены в таблице 17.

Оценка соотношения площадей модифицированных участков ПТК с площадью всего природного комплекса (урочища), в пределах которого они отмечаются, производилось при помощи инструментов пространственной аналитики в среде ГИС-программ.

По Старожилову В.Т. (Старожилов, 2018), для получения данных по площадям и свойствам природных ландшафтов исследуемого региона необходимо иметь векторно-слоевую ландшафтную карту. Таким образом, в основе пространственного анализа лежала ранее созданная векторная карта коренных ПТК ранга урочище, и карта, отражающая особенности их хозяйственного использования, то есть фактически карта антропогенных модификаций ПТК исследуемого региона, которая представлена на рисунке 45.

В основе анализа лежало применение группы инструментов «Пространственное соединение» из стандартной категории «Наложение (Overlay)». «Пространственное соединение» помогало анализировать данные одного объекта с другими на основании пространственного расположения.

Таблица 17. Основные числовые коэффициенты степени антропогенной преобразованности ПТК

Наименование модифицированного участка природного территориального комплекса	Числовой коэффициент степени антропогенной преобразованности ПТК
ООПТ, ненарушенные территории	1
Сенокосы	2
Выпас скота, залежные земли	3
Возделываемые земли, пашни, рисовые чеки	4
Дачи и схожие земли	5
Карьеры, искусственные пруды и водные объекты, дороги, кладбища	6
Постройки производственного типа	7
Застройка сельская и прилегающие территории	8
Застройка городская и прилегающие территории, зоны промышленного типа	9

Целевой объект, которым являлся один определённый выдел ПТК, которым в данном исследовании выступает урочище, должен был содержать в своих границах присоединяемые объекты, которыми являлись выделенные площади антропогенного преобразования. Присоединяемые объекты учитывались, если они либо полностью содержались в целевых, либо пересекали последние.

Если было найдено несколько присоединяемых объектов, которые имеют одинаковое пространственное расположение по отношению к одному целевому объекту (урочищу), выходные данные (данные, полученные после пространственного анализа) содержали в себе информацию по каждому из присоединяемых объектов (ареалов воздействия).

Далее при помощи арифметических операций (формула $L_{antropo}$), были получены итоговые числовые данные, характеризующие один определенный

ландшафтный выдел (урочище). Таким образом, была получена количественная интерпретация степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов.

Однако балльная (количественная) система оценки ПТК должна быть содержательной: каждую ступень оценки, каким бы способом она ни была получена, необходимо раскрыть качественно. Наиболее близкие подходы к такой оценке степени антропогенного преобразования природных комплексов можно проследить в работах Исаченко (Исаченко, 1980), Мачадо (Machado, 2004), а также в исследованиях по оценке уровнях геме́рбности (Walz, 2014; Rüdisser et al., 2012). Такая оценка географических комплексов, кроме того, не противоречит концепции полимасштабности, когда каждое свойство природного географического комплекса отражает результат наложения процессов (антропогенных), действующих на разных иерархических уровнях (Хорошев, 2016).

Исходя из вышеперечисленного, была составлена схема степени антропогенной преобразованности ПТК центрального района ландшафта дельты реки Волга. Математическая основа создаваемой схемы по большей части определена характеристиками используемых материалов дистанционного зондирования.

Значения коэффициентов, полученных после расчета степени антропогенной преобразованности ПТК ($L_{antropo}$) для каждого из урочищ центрального района ландшафта дельты реки Волга, были преобразованы в одну абсолютную непрерывную шкалу. При разработке шкалы учитывались качественные и количественные различия картографируемых урочищ. В итоговой картосхеме представлено восемь степеней антропогенной преобразованности ПТК, начиная от нулевой до седьмой, самой высокой.

Для отображения степени антропогенной преобразованности ПТК ранга урочище как основного объекта картографирования использовались яркие насыщенные цвета, способом отображения являлся качественный фон. Для изображения квазикоренных и малонарушенных ПТК использовались зеленые оттенки, наиболее сильнонарушенным ПТК соответствуют красные оттенки.

Составленная картосхема приведена на рисунке 48. Картосхема дополнена информативной легендой в виде таблицы, полностью описывающее фактическое состояние ПТК. Легенда представлена в таблице 18.

Анализ выполненной картосхемы позволил рассчитать количество урочищ с одинаковым уровнем антропогенной преобразованности, учитывая их площадные показатели. Полученные результаты представлены в таблице 19. Анализ антропогенной трансформации естественных урочищ в различных группах показал следующие результаты (рисунке 49).

Таблица 18. Легенда к картосхеме антропогенной преобразованности ПТК центрального района ландшафта дельты реки Волга

	Описание	Балл*
	Естественные природные территориальные комплексы. Влияние человека исключено. Наблюдаются только естественные (природные) процессы. Почвенно-растительный покров не нарушен. Общая оценка преобразованности ПТК – нулевая.	0
	Квазипервичные природные территориальные комплексы. Влияние человека на минимальном уровне и может рассматриваться на примере воздушного переноса антропогенных элементов (перенос антропогенных аэрозолей). Преобладание природных процессов. Общая оценка преобразованности – очень низкая.	1
	Природные территориальные комплексы с малым антропогенным воздействием. Преимущественно природные процессы; влияние человека заключается в возможном использовании территорий преимущественно под сенокосы; выпасы скота с изменением почвенно-растительного покрова. Общая оценка преобразованности ПТК от низкой до ниже средней.	2
	Общая оценка преобразований ПТК от ниже средней до средней. Природные территориальные комплексы с разными видами воздействия со стороны человека. Большим по размеру урочищам присуще сельскохозяйственное использование. Присутствие дренажных систем. Выпас скота. Наличие грунтовых дорог. Изменение почвенно-растительного покрова существует, но не критично; аналогичные изменения характерны для рельефа.	3

Продолжение таблицы 18. Легенда к картосхеме антропогенной преобразованности ПТК центрального района ландшафта дельты реки Волга

	Природные территориальные комплексы подвергаются разным типам воздействия со стороны человека: сельское хозяйство, дорожная сеть, мелкие постройки и т.п. Почвенно-растительный покров существенно изменен. Рельеф также подвержен существенному преобразованию. Общая оценка преобразованности от средней до выше средней.	4
	Значительные изменения природных территориальных комплексов. Отмечается нарушение элементов мезорельефа. Основные типы антропогенного воздействия: дороги, мелкие и крупные постройки, кладбища, карьеры, производственные объекты. Растительный покров нарушен значительно. Наблюдается засоление почв и нарушение почвенного профиля. Общая оценка преобразованности ПТК от выше средней до высокой.	5
	Очень серьезные изменения природных территориальных комплексов. Фиксируется полное вертикальное преобразование урочищ. ПТК испытывают постоянное антропогенное воздействие. Присуща застройка территорий, полностью занимающая площадь ПТК. Общая оценка антропогенной преобразованности – очень высокая.	6
	Природные территориальный комплексы с полностью трансформированной структурой. Урочища с городской и промышленной застройкой. Растительный покров уничтожен. Общая оценка антропогенной преобразованности ПТК – максимальная.	7

* - Выделенный балл согласно среднему по вычислениям коэффициента антропогенного преобразования природных территориальных комплексов.

Среди русловых урочищ практически всем уровням трансформации подвергнуты мелкогравистые ПТК, а также прирусловые валы. В целом для группы характерно преобладание урочищ с низкой и средней степенью преобразования, на которые приходится более 74% площади всех природных комплексов руслового генезиса.

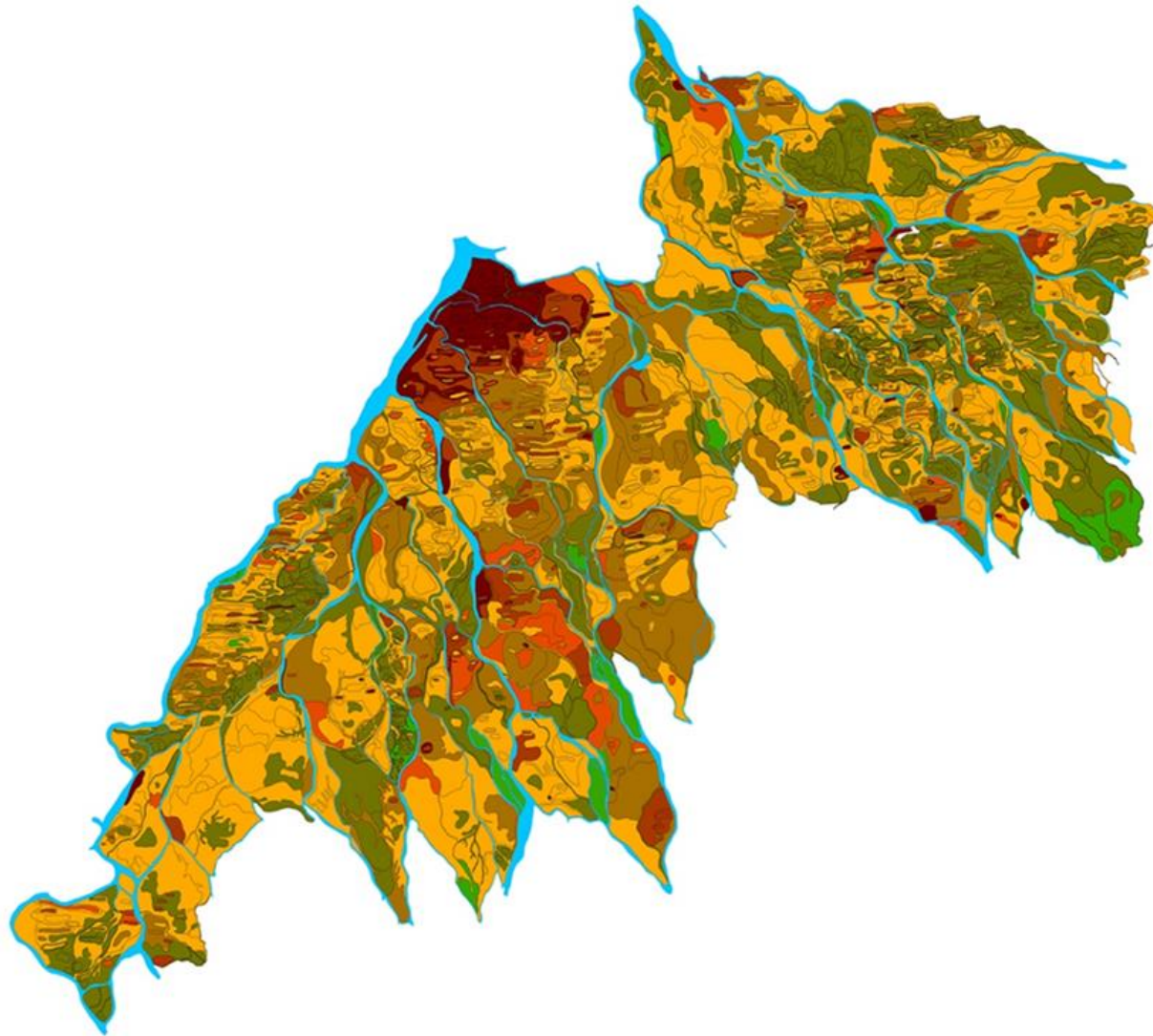


Рисунок 48. Картограмма антропогенного преобразования ЛТК центрального района ландшафта дельты реки Волга
(составлено автором)

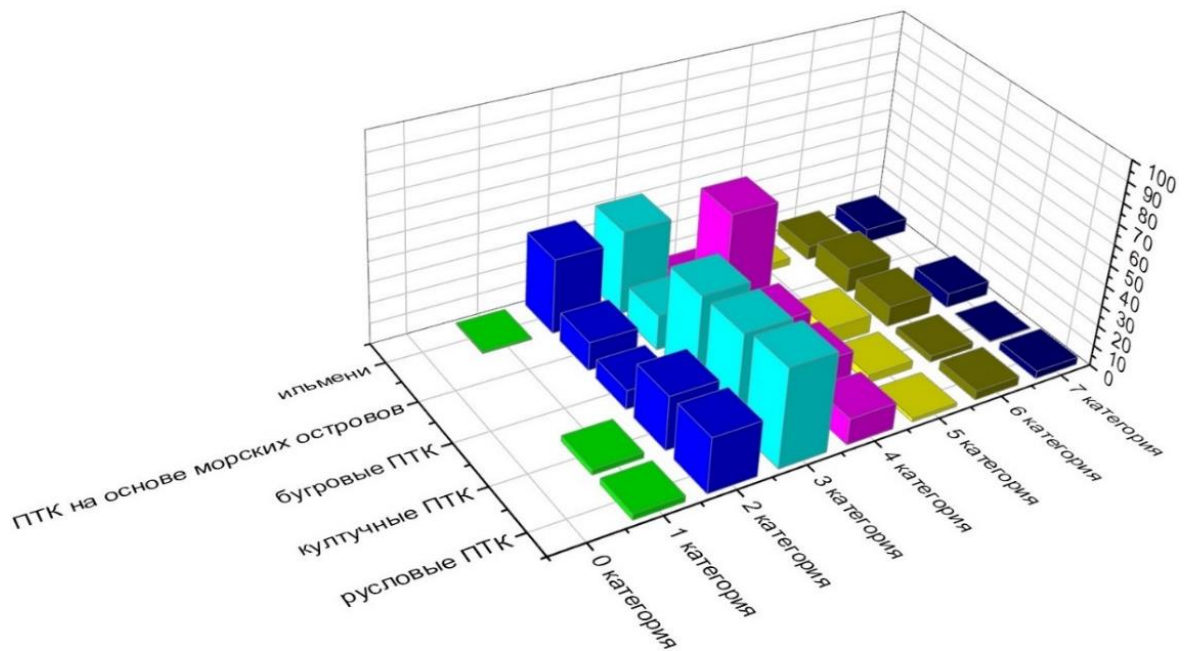


Рисунок 49. Распределение групп урочищ центрального района ландшафта дельты Волги по категориям антропогенной преобразованности ПТК

Таблица 19. Количество урочищ центрального района ландшафта дельты Волги, относящихся к различным категориям антропогенного преобразования и их площади (количество урочищ/площадь урочищ, км²)

Наименование ПТК	Категории преобразования							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Русловые урочища высокого уровня, плоские	-	-	1/ 1,98	2/ 8,27	1/ 1,99	1/ 1,73	-	-
Русловые урочища среднего уровня, плоские	-	3/ 1,22	1/ 0,61	4/ 25,81	4/ 16,83	-	-	-
Русловые урочища низкого уровня, плоские	-	1/ 0,33	10/ 22,95	11/ 32,62	4/ 9,8	-	-	-

Продолжение таблицы 19. Количество урочищ центрального района ландшафта дельты Волги, относящихся к различным категориям антропогенного преобразования и их площади (количество урочищ/площадь урочищ, км²)

Мелкогривистые русловые урочища высокого уровня	-	-	19/ 18,89	18/ 24,51	5/6,42	-	6/6,11	4/4,55
Мелкогривистые русловые урочища среднего уровня	-	6/ 4,01	131/100, 61	104/221, 06	16/25,71	6/17,01	12/16,63	16/ 17,68
Мелкогривистые русловые урочища низкого уровня	-	26/ 27,58	207/ 191,62	132/ 292,09	21/ 63,83	4/ 4,98	9/ 28,02	9/ 32,07
Русловые урочища низкого уровня, пологовогнутые	-	-	-	4/ 21,31	6/ 42,98	-	-	1/ 3,74
Русловые урочища среднего уровня, пологоволнистые	-	-	2/ 4,33	2/ 13,35	1/ 2,77	-	1/ 3,06	-
Русловые урочища высокого уровня, пологоволнистые с ленточными лесами	-	-	9/ 4,21	2/ 2,98	-	-	-	-
Русловые урочища низкого уровня, гривистые	-	-	8/ 23,55	3/ 11,4	1/ 2,67	-	-	-

Продолжение таблицы 19. Количество урочищ центрального района ландшафта дельты Волги, относящихся к различным категориям антропогенного преобразования и их площади (количество урочищ/площадь урочищ, км²)

Русловые урочища среднего уровня, гривистые	-	5/ 9,28	10/ 10,94	6/ 30,75	2/ 8,62	-	1/ 3,23	-
Прирусловые валы	-	-	13/ 3,16	9/ 3,91	2/ 1,25	4/ 1,76	5/5,49	10/ 5,25
Култучноравнинные урочища низкого уровня, плоские	-	5/ 32,12	142/ 216,49	95/ 256,39	19/ 107,13	5/ 19,02	5/ 8,5	
Култучноравнинные урочища среднего уровня, плоские	-	1/3,15	83/ 96,88	79/ 279,34	26/ 123,23	9/ 28,49	8/ 16,87	-
Култучноравнинные урочища среднего уровня, пологовогнутые	-	-	-	2/ 10,47	-	-	-	-
Култучноравнинные урочища высокого уровня, плоские	-	-	37/ 34,45	22/ 53,5	13/ 58,21	3/ 10,11	4/ 11,81	4/ 3,85
Култучноравнинные урочища низкого уровня гривистые	-	1/ 6,38	6/ 23,32	11/ 65,18	-	-	-	-
Култучноравнинные урочища гривистые среднего уровня	-	-	2 /25,95	4/ 17,85	1/ 4,83	1/1,69	2/9,21	-

Продолжение таблицы 19. Количество урочищ центрального района ландшафта дельты Волги, относящихся к различным категориям антропогенного преобразования и их площади (количество урочищ/площадь урочищ, км²)

Култушно-равнинные урочища гривистые высокого уровня	-	-	1/ 2,17	2/ 7,27	-	-	-	1/ 3,5
Бугры Бэра	-	-	46/ 7,5	203/ 44,46	125/ 27,28	73/ 16,32	104/ 19,92	55/ 10,62
Шлейфы бугров	-	-	21/ 13,61	254/ 85,27	34/ 17,7	14/ 13,94	18/ 9,59	45/ 10,79
Межбугровые урочища низкого уровня	-	-	3/ 7,43	9/ 17,69	1/ 8,2	1/ 1,5	-	-
Межбугровые урочища среднего уровня	-	-	7/ 9,99	9/ 33,27	3/ 9,4	-	-	-
Межбугровые урочища высокого уровня	-	-	2/ 0,54	5/ 7,71	4/ 24,49	1/ 4,94	3/ 12,83	4/ 8,6
Гривистые урочища низкого уровня, сформировавшиеся на основе морских островов	-	-	2/ 1,14	2/ 7,95	-	-	-	-
Гривистые урочища среднего уровня, сформировавшиеся на основе морских островов	-	-	3/ 5,93	1/ 0,77	1/ 11,01	-	2/ 6,29	-

Продолжение таблицы 19. Количество урочищ центрального района ландшафта дельты Волги, относящихся к различным категориям антропогенного преобразования и их площади (количество урочищ/площадь урочищ, км²)

Гривистые и крупногривистые урочища высокого уровня, сформировавшиеся на основе морских островов	-	-	-	-	1/ 18,36	-	-	-
Ильмень межбугровой русловой	-	-	11/ 3,93	-	-	-	-	-
Межбугровой ильмень	-	-	15/ 8,68	26/ 25,84	6/4,07	1/0,61	3/2,2	6/6,36
Култучный ильмень	-	1/ 0,87	53/ 27,94	19/ 14,06	2/ 1,65	3/ 3,47	6/ 5,73	1/ 0,53
Ильмень русловой	-	-	2/ 2,14	2/ 8,23	-	-	-	1/ 1,26
<i>Общее количество выделов урочищ / Площадь общая, км² * / % от исследуемой площади центральной дельты</i>	0 / 0	49 / 84,92 / 2,37	847 / 870,93 / 24,34	1 042 / 1 623,28 / 45,37	299 / 598,5 / 16,73	126 / 125,55 / 3,51	189 / 165,5 / 4,63	158 / 109,38 / 3,06

* – без учета водотоков

Преобладают мелкогривистые русловые урочища среднего и низкого уровней как наиболее подходящие для использования в сельскохозяйственных

целях. ПТК с очень высоким и максимальным уровнем преобразования естественной основы составляют чуть более 8% от площади группы.

Во многом схожие результаты характерны для группы култучноравнинных урочищ, у которых, в сравнении с русловыми, несколько больше площади ПТК, оценка преобразованности которых колеблется от средней до выше средней. На данные комплексы приходится 19% всех култучноравнинных урочищ и 12,72% русловых.

Несколько иное распределение ПТК по степени преобразованности наблюдается в группе бугровых урочищ. Здесь на долю комплексов со средней и выше средней степенью трансформации приходится более 60% площади группы. Урочища с уровнем преобразования от высокого до максимального занимают свыше четверти всех бугровых комплексов. В первую очередь это собственно бугры с окружающими их шлейфами, а также межбугровые урочища высокого уровня.

Оценка преобразованности от средней до выше средней относится к 57% гривистых урочищ, сформировавшихся на основе морских островов. Более трети данных ПТК достаточно слабо изменены деятельностью человека, и 12% подверглись существенным морфологическим преобразованиям с оценкой как очень высокая. Более 77% площади выделенных водоемов-ильменей притерпели изменения в ходе их хозяйственного использования, остальная часть подверглась очень существенной трансформации со стороны человека.

Анализ всех урочищ центрального района ландшафта дельты Волги показывает, что полностью естественных ПТК в данном регионе не осталось (рисунок 50). Квазипервичные природные территориальные комплексы, где влияние человека минимально, в данной части дельты получили наименьшее распространение. В основном это мелкогривистые русловые урочища низкого и среднего уровней (32 ландшафтных выдела) и култучноравнинные ПТК, преимущественно расположенные в южной части центрального района ландшафта дельты на небольших речных островах.

Во вторую категорию отнесены 847 урочищ, среди которых преобладают русловые мелкогрядистые и култучноравнинные урочища, а также бэровские бугры. Согласно выполненным исследованиям, наибольшее их количество отмечается на участках с высокой степенью ландшафтного разнообразия, анализ которого был выполнен для центрального района ландшафта дельты Волги. Многие из них территориально совпадают или находятся вблизи участков со статусом особо охраняемых природных территорий. Данным ПТК требуется постоянный ландшафтно-экологический мониторинг, контролирующий уровень воздействия на них того или иного антропогенного фактора. Урочища с данным уровнем преобразования естественной основы составляют более 24% исследуемого региона.

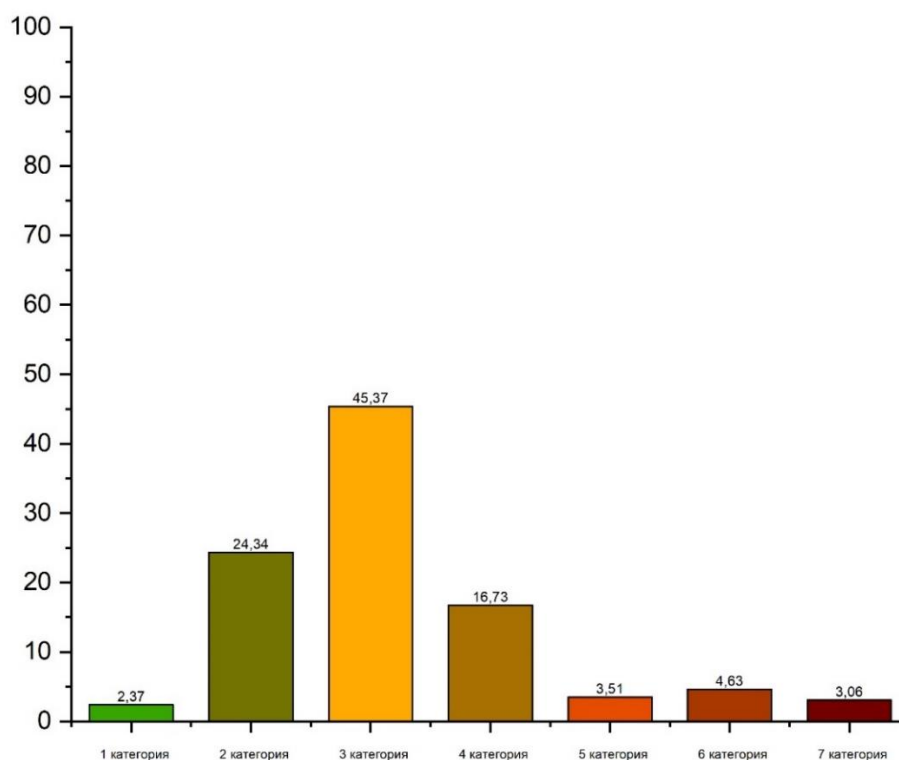


Рисунок 50. Распределение урочищ центрального района ландшафта дельты Волги по категориям преобразования естественной основы

Наибольшее распространение в центральном районе ландшафта дельты реки Волга получили природные территориальные комплексы, относящиеся к

третьей категории антропогенного преобразования (1042 урочища), которые занимают свыше 45% площади исследуемого региона. Общая оценка преобразований таких ПТК варьирует от ниже средней до средней. Помимо русловых и култучноравнинных урочищ, значительную часть ПТК с данной степенью трансформации естественной основы составляют бэровские бугры с окружающими их шлейфами. Это можно объяснить многофункциональным характером использования человеком указанных природных комплексов, что в итоге приводит к данной категории преобразования. Значительная часть русловых мелкогивистых и култучноравнинных урочищ относятся к данной категории ввиду их сельскохозяйственного использования в большинстве случаев.

К четвертой категории преобразования естественной основы относятся 299 урочищ которые, помимо сельскохозяйственного использования, осложнены дорожной сетью, мелкой инфраструктурой и т.п. Почти половину от данной группы урочищ занимают бугры Бэра, однако по площадным показателям преобладают култучноравнинные урочища. На данные ПТК приходится около 17% площади центрального района ландшафта дельты. Оставшиеся 11% заняты урочищами трех категорий, в которых уровень трансформации естественной основы колеблется от выше среднего и высокого до максимального. Отличаясь степенью преобразования ПТК, для данных категорий характерна общая закономерность, когда по количеству выделов (урочищ) лидируют бугровые ПТК, а по занимаемой площади преобладают природные комплексы других групп. Во многом это объясняется морфологическими особенностями группы бугровых урочищ, когда при небольших параметрах и высоких относительных отметках бугры в первую очередь осваивались человеком. Значительная доля бэровских бугров в данных категориях обусловлена также частым сооружением здесь карьеров, подвергающих данные комплексы максимальному преобразованию.

ГЛАВА 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА ЛАНДШАФТА ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА

В ходе продолжительного хозяйственного освоения центральный район ландшафта дельты Волги подвергся существенным антропогенным изменениям. Это необходимо учитывать в процессе разработок планировочных решений, стратегий развития исследуемой территории, для дальнейшего ведения различных видов хозяйственной деятельности на территории исследования. Для этого были разработаны предложения по рациональному использованию геосистем исследуемого региона.

Предлагаемые рекомендации обобщают опыт уже имеющихся в этом направлении работ. При их составлении за основу были взяты разработки группы исследователей МГУ им. Ломоносова (Хорошев и др., 2019), содержащие 16 правил ландшафтного планирования (рисунок 51), которые были дополнены некоторыми положениями ландшафтного планирования территорий по материалам других авторов (Казаков, 2007; Колбовский, 2008), а также исследований в области антропогенного и прикладного ландшафтоведения, создания культурного ландшафта (Исаченко, 1980б; Мильков, 1984; Мильков, 1988; Исаченко, 1991; Мильков, 2004; Николаев и др., 2012). Рекомендации разрабатывались с учетом основных внешних ландшафтно-экологических факторов, влияющих на хозяйственное использование центрального района ландшафта дельты Волги. К ним относятся: гидрологический режим Волги и водный сток; степень антропогенного преобразования естественных природных территориальных комплексов; ландшафтное разнообразие и ландшафтная мозаичность центрального района ландшафта дельты реки Волга; оптимальные типы ведения хозяйственной деятельности (сельское хозяйство, добыча природных ресурсов); ландшафтно-рекреационный потенциал исследуемого региона.

Разработка рекомендаций проводилась с учетом морфологической структуры исследуемого региона, а в качестве основной операционной единицы выступает природно-территориальный комплекс ранга урочище, целесообразность использования которого доказана многочисленными ландшафтными исследованиями. Кроме этого, учитывался уровень антропогенной трансформации природных комплексов в ходе их хозяйственного использования, что было установлено в ходе проведенного исследования. Предлагаемые рекомендации могут стать полноценной основой ландшафтно-экологического подхода при создании программы устойчивого развития исследуемого региона.

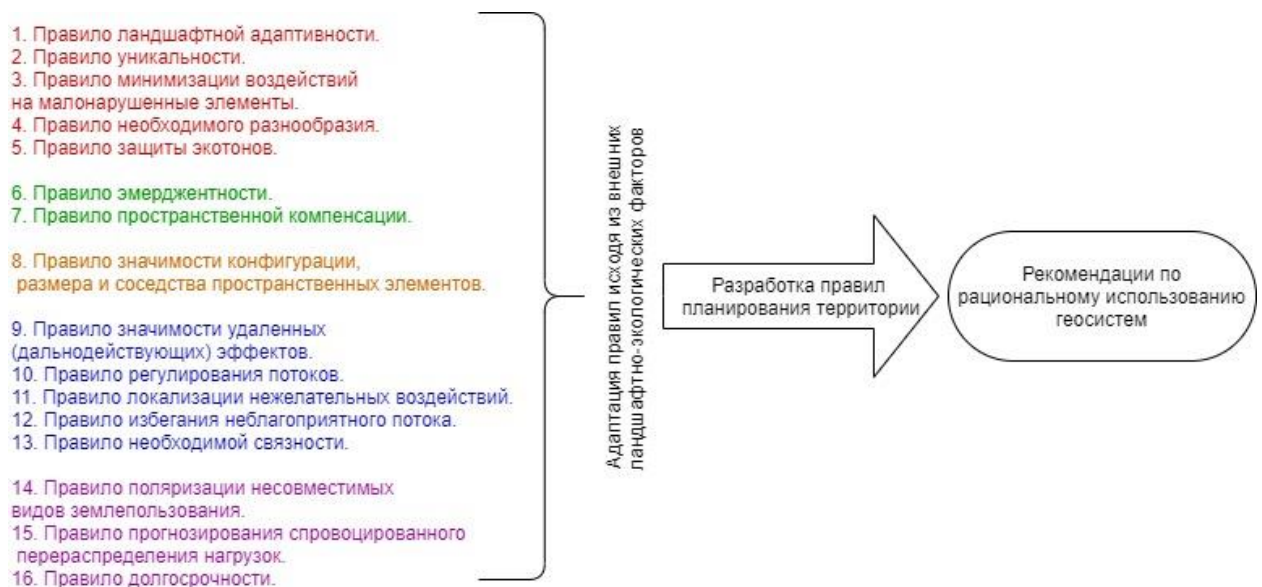


Рисунок 51. Схема - алгоритм разработки рекомендаций по рациональному использованию геосистем центрального района ландшафты дельты Волги, где цветом отмечены 16 правил ландшафтного планирования (по Хорошеву и др., 2019, с дополнениями автора)

5.1. Правило долгосрочности: оптимальное регулирование водного стока

Рассмотренные ранее особенности морфологической структуры центрального района ландшафта дельты Волги показали, что большинство урочищ данного региона сформировалась в сложных условиях взаимодействия реки и моря. Их дальнейшее развитие было во многом сопряжено с естественным режимом

Волги. Строительство каскада водохранилищ и гидроэлектростанций оказало значительное влияние на трансформацию гидрологического режима р. Волги. Снизилась максимальные уровни половодий, возросли скорости подъёма и спада волны паводка, сократились периоды обводнения урочищ низкого и частично среднего уровней, выполняющих функции пойменных нерестилищ, время стояния высоких уровней половодья в водоемах и водотоках дельты. Произошло нарушение естественной сопряженности термического и водного режимов водных объектов. Изменение водного режима нашло отражение в существенной трансформации почвенно-растительного покрова большинства урочищ.

Таким образом, дальнейшее оптимальное функционирование исследуемого района ландшафта дельты Волги и её хозяйственное использование требует соответствующих уровней и продолжительности весенних половодий. Ранее было установлено, что для поддержания высокой биологической продуктивности и устойчивости ландшафтов дельты Волги является пропуск воды в нижний бьеф Волгоградской ГЭС в 110-120 км³ во втором квартале (Бармин, 2002; Валов и др., 2019).

Следовательно, принятие планировочного решения предваряется выяснением степени надёжности природного объекта для выполнения предназначенной ему хозяйственной функции (Хорошев, 2019, С. 99).

5.2. Правило природно-хозяйственной адаптивности и необходимого разнообразия природно-хозяйственных геосистем

Проведенные исследования позволили выявить, что сельскохозяйственные угодья, получившие наибольшее распространение в центральном районе ландшафта дельты, в большинстве случаев «встроены» в границы того или иного ПТК. Это стало возможно благодаря грамотно проведенным еще в прошлом столетии хозяйственно-организационным работам, которым предшествовали широкомасштабные научные исследования. Данное положение, пусть и не полностью, продолжает выполняться до настоящего времени. Например, прослеживается тенденция использования в первую очередь култушных урочищ

как наиболее оптимальных для ведения сельского хозяйства. Данные ПТК отличаются соответствующими площадными показателями, подходящим рельефом и оптимальными почвами. Такая ситуация не противоречит принципу природно-хозяйственной адаптивности, направленному на сближение структуры и функционирования антропогенного ландшафта с особенностями местного природного ландшафта (Николаев и др., 2012). Создаваемые человеком объекты должны размещаться и обустраиваться с учетом морфологической структуры ландшафта.

Опираясь на принцип природно-хозяйственной адаптивности, предлагается полностью исключить из дальнейшего хозяйственного использования урочища, сформировавшиеся на основе морских островов. Этому во многом способствует песчано-супесчаный характер их литогенной основы, не удерживающий почвенную влагу, а также низкое содержание гумуса в почве.

Реализация принципа природно-хозяйственной адаптивности перекликается с правилом необходимого разнообразия, где объект планировочного решения – мозаичный ландшафт с некоторым набором видов землепользования. Основное требование к принятию планировочного решения, предусматривающего нарушение природного ландшафта, состоит в имитации естественного уровня мозаичности (Хорошев и др., 2019). Данное правило предполагает, что существование и функционирование любой системы возможно лишь тогда, когда в ее составе участвуют и взаимодействуют неоднородные, но взаимодополняющие элементы (Николаев и др., 2012). Проведенные исследования позволяют дополнить данные теоретические положения рекомендацией сохранения участков с высоким уровнем ландшафтного разнообразия, разные варианты которого были определены для центрального района ландшафта дельты Волги. В качестве примеров можно привести участки в западной части центральной дельты вблизи рукава Бахтемир напротив с. Икрыное (рис. 44), южнее населенного пункта Марфино, к югу и к востоку от населенного пункта Старый Алтынжар. Организация здесь и на подобных участках тех или иных видов хозяйственной деятельности требует проведения дополнительных ландшафтных исследований.

5.3. Применение правила минимизации воздействий на мало нарушенные элементы ландшафта в условиях центрального района ландшафта дельты Волги

Основа данного правила выглядит следующим образом: основные нагрузки сосредотачиваются в уже нарушенных элементах ландшафта (Хорошев и др., 2019). Адаптация данного правила предполагает, что при планировании хозяйственной деятельности основные нагрузки должны сосредотачиваться в уже нарушенных морфологических единицах ландшафта, а ПТК, измененные в наименьшей степени, должны быть сохранены.

Согласно Стратегии социально-экономического развития Астраханской области до 2035 года, агропромышленный комплекс является основой хозяйственного использования центрального района ландшафта дельты реки Волга. Вопросы развития сельского хозяйства прослеживаются как в инерционном сценарии социально-экономического развития региона, так и в инновационном сценарии развития Астраханской области.

Однако исходя из ранее представленных картосхем антропогенных модификаций ПТК (рисунок 45) и степени их антропогенного преобразования (рисунок 48), большую площадь исследуемой территории заняли залежные земли, заброшенные, деградированные и не используемые площади пашни, сенокосов и пастбищ.

Поэтому для эффективного извлечения экономической выгоды из измененных человеком урочищ, без привлечения тех, которые еще сохраняют свою экологическую стабильность, необходимо рассмотреть вопросы рекультивации первых. В качестве основного принципа рекультивации земель и их оптимального использования следует применять ландшафтный подход, т.е. рассматривать объект рекультивации как техногенную составляющую природной геосистемы, образовавшуюся в результате природопользования, антропогенного воздействия (Голованов и др., 2015).

Начальным этапом в решении данного вопроса является выявление главных причин нарушения как объектов хозяйственного использования, так и вмещающих

их ПТК. Одной из причин вывода сельскохозяйственных земель исследуемого района ландшафта дельты Волги из оборота является их засоление после обвалования территорий.

Высокая степень содержания водорастворимых солей в почвенном покрове обусловлена некоторыми причинами естественного характера: формированием некоторых групп урочищ на первоначально засоленных материнских породах (бэровские бугры, култучные урочища); близкое залегание к дневной поверхности грунтовых вод; климатическими особенностями (высокими суммарными температурами теплого периода и, соответственно, высокой испаряемостью). Засолению почв может способствовать и орошение. Неумеренный, бессистемный полив при неглубоком залегании грунтовых вод и отсутствии эффективной дренажной системы ускоряет данный процесс.

Последствиями накопления водорастворимых солей в верхних почвенных горизонтах являются потеря почвами их естественного плодородия, снижение количества и качества сельскохозяйственной продукции, общее ухудшение качества земельного фонда, в связи с чем возникает необходимость ведения мониторинга за режимом засоления почв и химизмом солей (Валов, 2018).

Наиболее эффективным методом решения проблемы с засолением в дельте Волги можно считать сооружение дренажно-оросительных систем или восстановление существующих (рисунок 52) с последующей промывкой почвогрунтов.

Для группы култучных урочищ можно рекомендовать восстановление ранее существовавших или создание новых систем с глубиной дрен около 2,5 метров и расстоянием между ними до 220 метров. При формировании данных объектов на основе ПТК с супесчаными и легкосуглинистыми грунтами расстояние между дренами можно увеличить до 300 метров. Предлагаемые открытые дренажные системы требуют соблюдения соответствующих правил эксплуатации. Это обусловлено тем, что зарастание сорняками и гигрофитами, в частности тростником, а также заиление, осыпание откосов существенно снижает эффективность их работы. В условиях центрального района ландшафта дельты

очистку дрен рекомендуется проводить не реже одного раза в два года осенью или весной.



Рисунок 52. Заброшенные дренажно-оросительные системы в центральном районе ландшафта дельты реки Волга (фото автора)

Следуя правилу минимизации воздействий на малонарушенные элементы ландшафта в случае неизбежности нарушений требуется размещение хозяйственных объектов в краевой части элемента, с минимальной фрагментацией и сохранением максимально возможной ненарушенной доли (Хорошев, 2019, С.77). Такой подход прослеживался в хозяйственном освоении ПТК центрального района ландшафта дельты Волги и частично используется в настоящее время. В качестве примера можно привести расположение сельскохозяйственных угодий в пределах култучного урочища низкого уровня, когда основная их часть сосредоточена на севере и северо-западе ПТК, а его южная половина остается слабо нарушенной (рисунок 53).

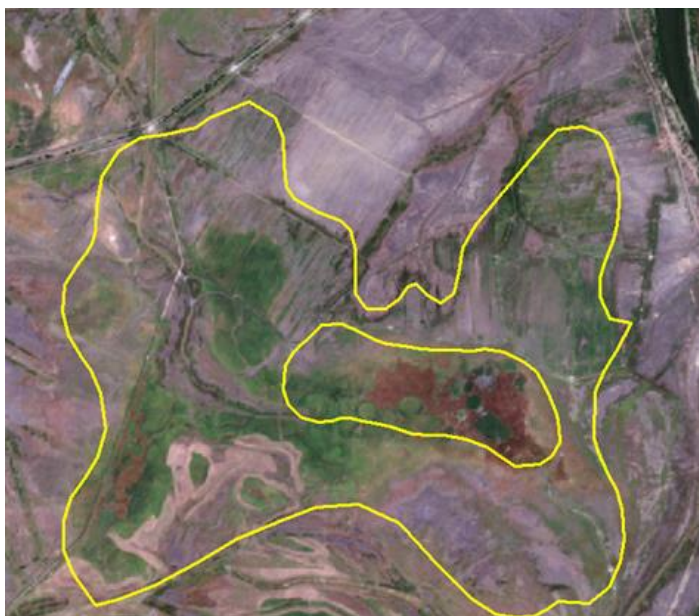


Рисунок 53. Пример минимизации воздействий на мало нарушенные элементы ландшафта: сельскохозяйственные угодья располагаются на периферии плоских култуноравнинных урочищ низкого и среднего уровней (выделено желтой линией)

5.4. Правило уникальности

Всё уникальное заслуживает щадящего режима землепользования. Основные нагрузки желательно концентрировать в типичных элементах ландшафта (Хорошев, 2019, С.74). Данное правило в некоторой степени коррелирует с правилом минимизации воздействия на мало нарушенные элементы.

Одними из первых ПТК центрального района ландшафта дельты Волги, на которые должна быть существенно снижена хозяйственно-антропогенная нагрузка, являются урочища бэровских бугров. Это обусловлено рядом следующих причин:

- в пределах исследуемого района ландшафта дельты Волги эти урочища занимают один из наименьших площадных показателей, что не позволяет отнести их к категории типичных ПТК;
- до настоящего времени окончательно не выяснен сложный генезис бугров Бэра, в результате чего они относятся рядом исследователей к природным феноменам;

- бэровские бугры на протяжении тысячелетий служили местом проживания и хозяйственной деятельности различных этносов и народов, что подтверждают многочисленные исследования, в том числе археологические. Это позволяет отнести данные ПТК к объектам, имеющим большое культурно-историческое значение, что должно учитываться в ходе их хозяйственного использования.

Учитывая также указанное ранее предложение о включении рассматриваемых урочищ в состав ландшафтно-экологического каркаса центральной дельты, необходимо строго регламентировать ведение хозяйственной деятельности в пределах данных ПТК, а также окружающих бугры шлейфы, образующих единый парагенетический комплекс. Следует полностью запретить выемку грунта из бугровой толщи, а также организацию карьеров по добыче так называемых «шоколадных» глин, лежащих в основании большинства бугров и используемых в производстве кирпича. В качестве альтернативы может быть предложено использование аналогичных комплексов в других ландшафтах, например, в Западном ильменно-бугровом, которое будет сопровождаться гораздо меньшим отрицательным эффектом. Запрету должна быть подвергнута широкомасштабная распашка бугров и шлейфов, ускоряющая процессы эрозии и деградации их поверхности.

Рекомендуемыми видами хозяйственного использования данных ПТК является использование их под сады и пастбища, что подтверждается историческим опытом ведения хозяйств в дельте Волги. Полностью вывести рассматриваемые урочища из-под влияния антропогенного воздействия вряд ли удастся, так как большинство из них располагаются в непосредственной близости от населенных пунктов, многочисленных в исследуемом районе ландшафта дельты Волги.

Учитывая тот факт, что многие сохранившиеся бугры являются местами обитания редких и исчезающих видов растений, имеют историко-археологическую ценность, необходимо проведение дополнительных исследований в целях присвоения им уже существующего статуса «памятник природы», или разработки

и придания новых, например, ландшафтно-экологических или природно-исторических памятников со статусом не ниже регионального значения.

В центральном районе ландшафта дельты реки Волга необходима реализация постоянного мониторинга морфологических изменений бугров Бэра, возникающих в результате распашки, организации выемок и карьеров, несанкционированных полигонов хранения твердых бытовых отходов. Он должен сопровождаться проведением крупномасштабных ландшафтных исследований с применением данных дистанционного зондирования Земли и беспилотных летательных аппаратов.

В рамках рассматриваемого правила щадящего режима хозяйственного использования заслуживают слабо измененные человеком урочища из группы русловых, реже култучных. Как показывали выполненные исследования, наибольшее их количество отмечается на участках с высокой степенью ландшафтного разнообразия, анализ которого был выполнен для центрального района ландшафта дельты Волги. Многие из них территориально совпадают или находятся вблизи участков со статусом особо охраняемых природных территорий (рисунок 54).

Это даёт возможность рекомендовать для некоторых ПТК придания статуса ООПТ или аналогичного, учитывая их природоохранное, рекреационное, эстетическое значение. Примерами рекомендуемых природных комплексов могут быть бэровские бугры и окружающие их култучноравнинные урочища к востоку от с. Бекетовка, слабоизмененные человеком култучные и русловые урочища, располагающиеся к западу от с. Образцово-Травино (рисунок 55).

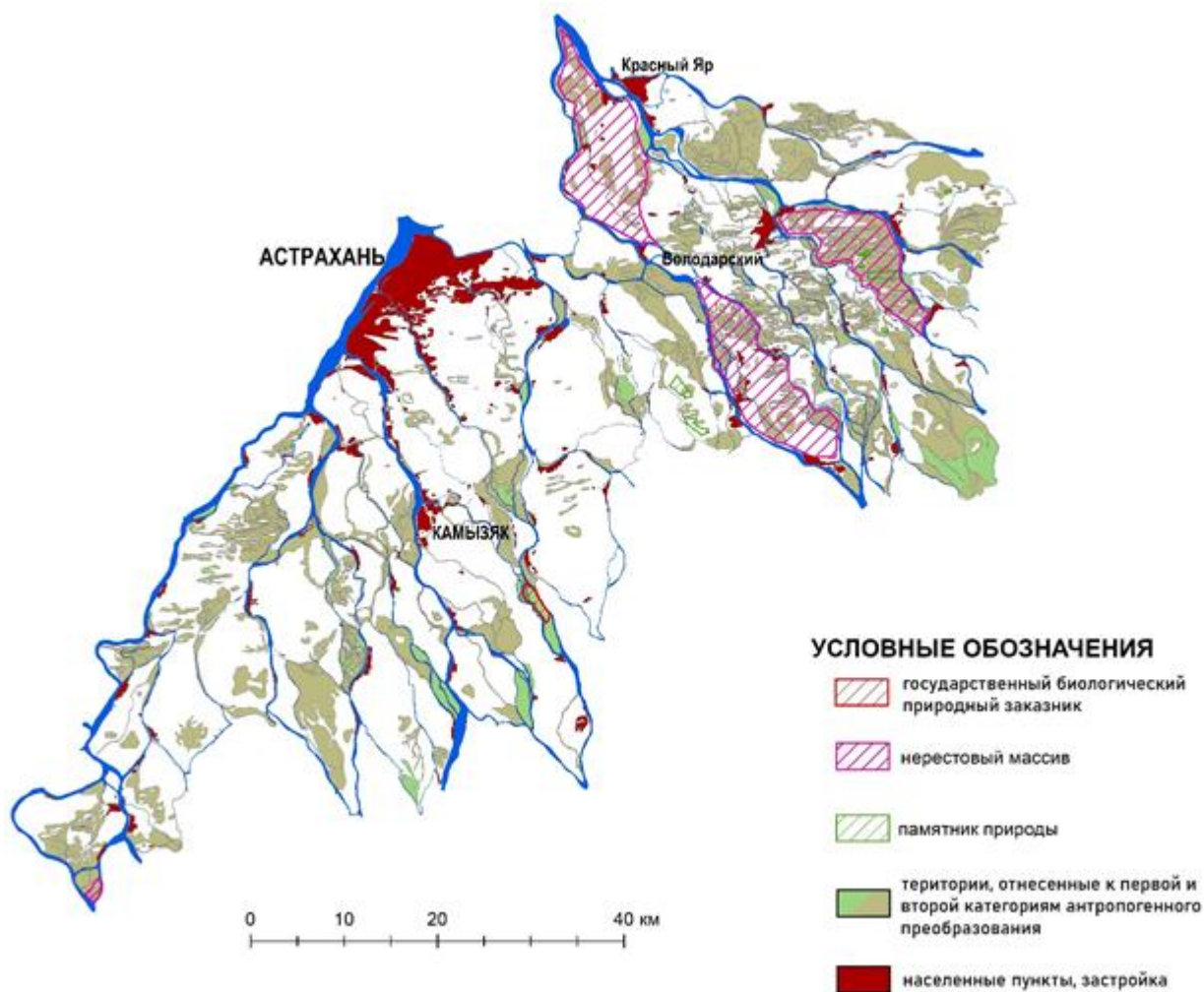


Рисунок 54. Схема расположения особо охраняемых природных территорий (ООПТ), расположенных в центральном районе ландшафта дельты реки Волга, относительно естественных и квазипервичных ПТК (составлено автором). Пространственные данные по ООПТ (.shp) предоставлены ФГБУ "Астраханский государственный заповедник"

5.5. Картосхемы ландшафтно-экологического каркаса

Одним из путей рационального использования геосистем центрального района ландшафта дельты Волги является формирования здесь ландшафтно-экологического каркаса. Сам термин «ландшафтно-экологический каркас» имеет множество трактовок и может часто перекликаться со значениями «экологического каркаса». Согласно одной трактовке, ландшафтно-экологический каркас представляет собой систему взаимосвязанных базовых природных и хозяйственных элементов территории, определяющих устойчивость её структуры,

экологическое состояние и эстетику природно-хозяйственного ландшафта (Казаков, 2004).

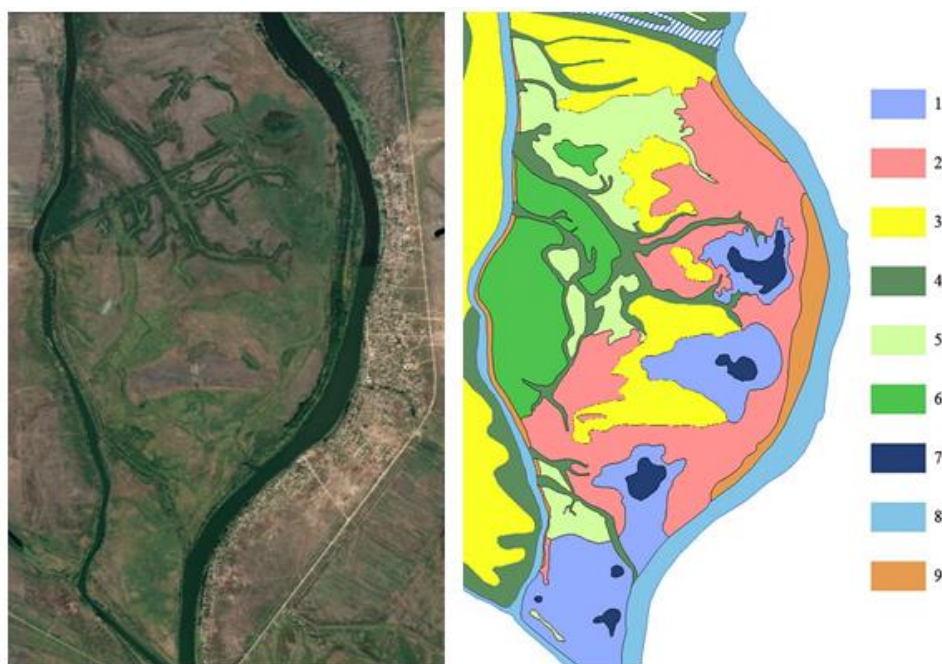


Рисунок 55. Территория западнее населенного пункта Образцово-Травино
 Условные обозначения: 1 – култу́чноравнинные урочища низкого уровня; 2 – култу́чноравнинные урочища среднего уровня; 3 – култу́чноравнинные урочища высокого уровня; 4 – русловые мелкогивистые урочища низкого уровня; 5 – русловые мелкогивистые урочища среднего уровня; 6 – русловые мелкогивистые урочища высокого уровня; 7 – култу́чный ильмень; 8 – водоток; 9 – прирусловой вал

Ландшафтно-экологический каркас может характеризоваться как природно-антропогенная система, состоящая из относительно мало изменённых территорий, окружённых буферными зонами и линейными коридорами, соединяющих их между собой в единый «скелет» территории. При этом ландшафтно-экологический каркас во многом повторяет контуры геосистем как единиц физико-географического районирования и их морфологических элементов (Белов, 2015). На основании результатов исследования, а также применения вышеописанных

правил, были созданы картосхемы опорных урочищ - элементов экологического каркаса центрального района ландшафта дельты реки Волга.

Картосхемы ландшафтно-экологического каркаса можно представить в двух вариантах. Первый вариант представляет собой пространственно-статистическую схему положения урочищ, рекомендованных для включения в ландшафтно-экологический каркас исследуемого региона (рисунок 56).

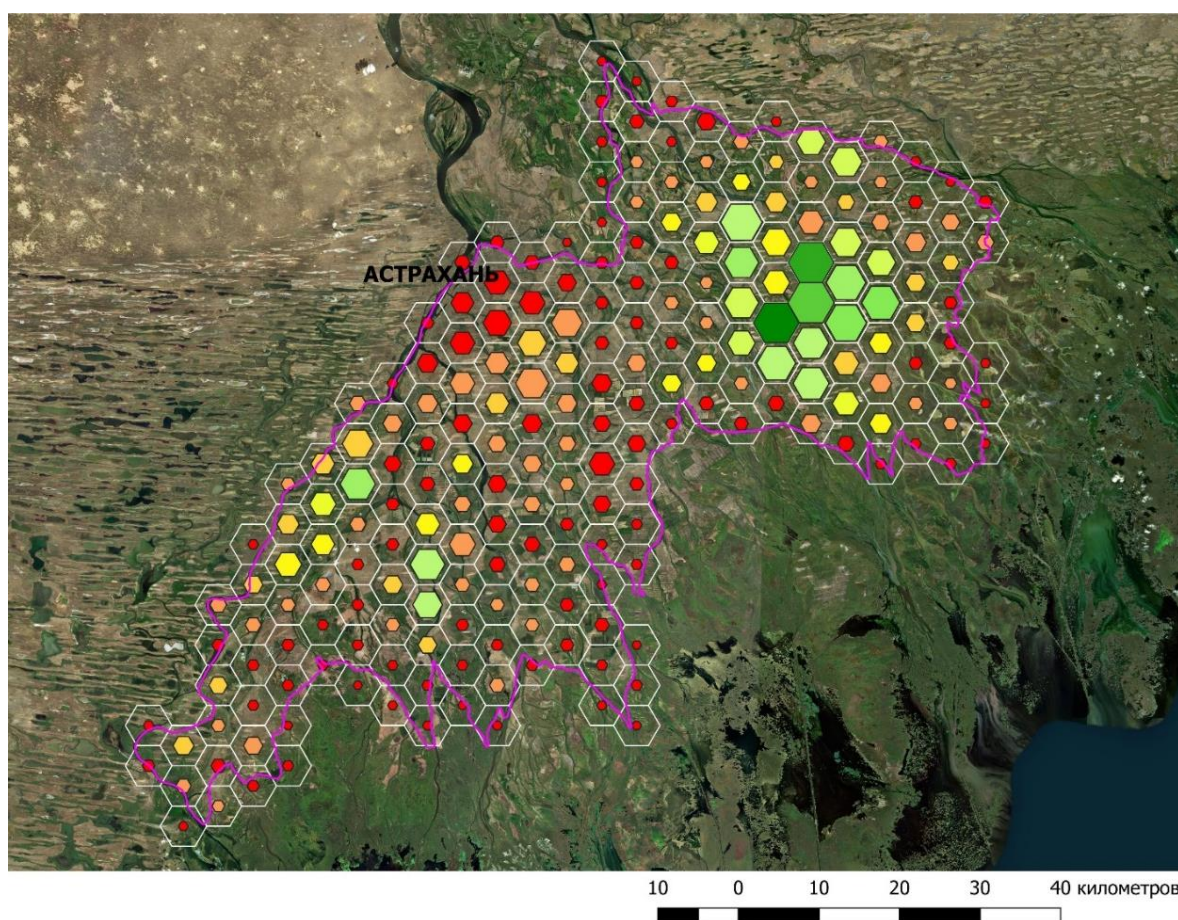


Рисунок 56. Картосхема пространственно-статистического положения урочищ, рекомендованных для включения в ландшафтно-экологический каркас центрального района ландшафта дельты реки Волга (составлена автором).

Описание в тексте работы

Особого внимания заслуживает способ картографического изображения. Он заключается в модификации стиля «точек Вурмана» (Amoroso, 2010; Katz, 2012).

Вместо стандартного использования окружности, в данном подходе были использованы многоугольники-гексагоны.

Причины использования гексагонов аналогичны причинам их использования при анализе ландшафтного разнообразия центрального района ландшафта дельты реки Волга, описанных в работе ранее.

Выделенные границы исследуемого региона отмечены фиолетовым цветом. На схеме (рисунок 56) отображены два вида гексагонов. Границы гексагонов с фиксированной площадью в 21,65 км² отмечены белым цветом. Они представляют собой непрерывную сеть, полностью покрывающую территорию исследования. Вторые гексагоны, расположенные внутри фиксированных, различны по размеру и цвету.

Их интерпретация представлена в пояснениях соответствующей картосхемы (рисунок 57). Размер внутренних гексагонов зависит от общего количества ландшафтных выделов (полигонов), находящихся в рассматриваемых гексагонах с фиксированной площадью. Количество выделов отображается по оси у. Цвет внутренних гексагонов зависит от количества ландшафтных выделов (полигонов), находящихся в рассматриваемых гексагонах с фиксированной площадью и рекомендованных к включению в ландшафтно-экологический каркас центрального района ландшафта дельты реки Волга. Количество таких выделов отображается по оси х. Иными словами, если в гексагоне с фиксированной площадью содержится малый красный полигон, это говорит о том, что в данной территории (территории, которую покрыл один рассматриваемый гексагон) содержится малое количество урочищ и малое количество урочищ, рекомендуемых к включению в ландшафтно-экологический каркас. Если в гексагоне с фиксированной площадью содержится большой зеленый полигон, это говорит о том, что в данной территории (территории, которую покрыл один рассматриваемый гексагон) содержится большое количество урочищ и большое количество урочищ, рекомендуемых к включению в ландшафтно-экологический каркас.

Таким образом, данный способ позволил соединить в себе возможность отобразить несколько показателей сразу. Кроме того, результаты такого

пространственно-статистического анализа коррелируют как с анализом ландшафтного разнообразия центрального района ландшафта дельты реки Волга, так и с результатами анализа антропогенного преобразования урочищ рассматриваемого региона.

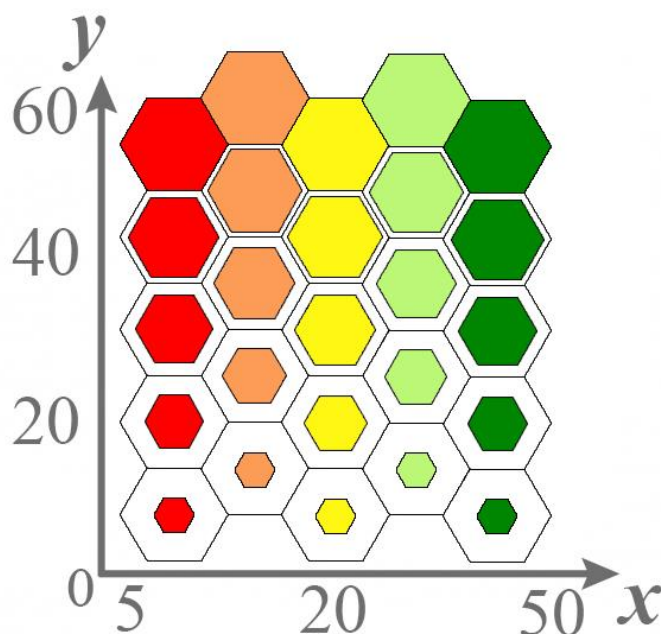


Рисунок 57. Легенда к картосхеме пространственно-статистического положения урочищ, рекомендованных для включения в ландшафтно-экологический каркас центрального района ландшафта дельты реки Волга (составлена автором).

Описание в тексте работы

Второй вариант представляет собой картосхему пространственного расположения урочищ, рекомендованных для включения в ландшафтно-экологический каркас центрального района ландшафта дельты реки Волга, выполненную при помощи использования стандартного метода качественного фона (рисунок 58). В основу создания данной картосхемы были положены результаты проведенной работы по оценке степени антропогенного преобразования природных территориальных комплексов центрального района ландшафта дельты реки Волга.

К первой группе урочищ, рекомендованных к включению в ландшафтно-экологический каркас исследуемого региона, были представлены урочища первой

категории антропогенного преобразования. Такие ПТК представлены в основном отдаленными русловыми урочищами, в некоторых случаях, култучными, расположенные на юге центрального района ландшафта дельты реки Волга.

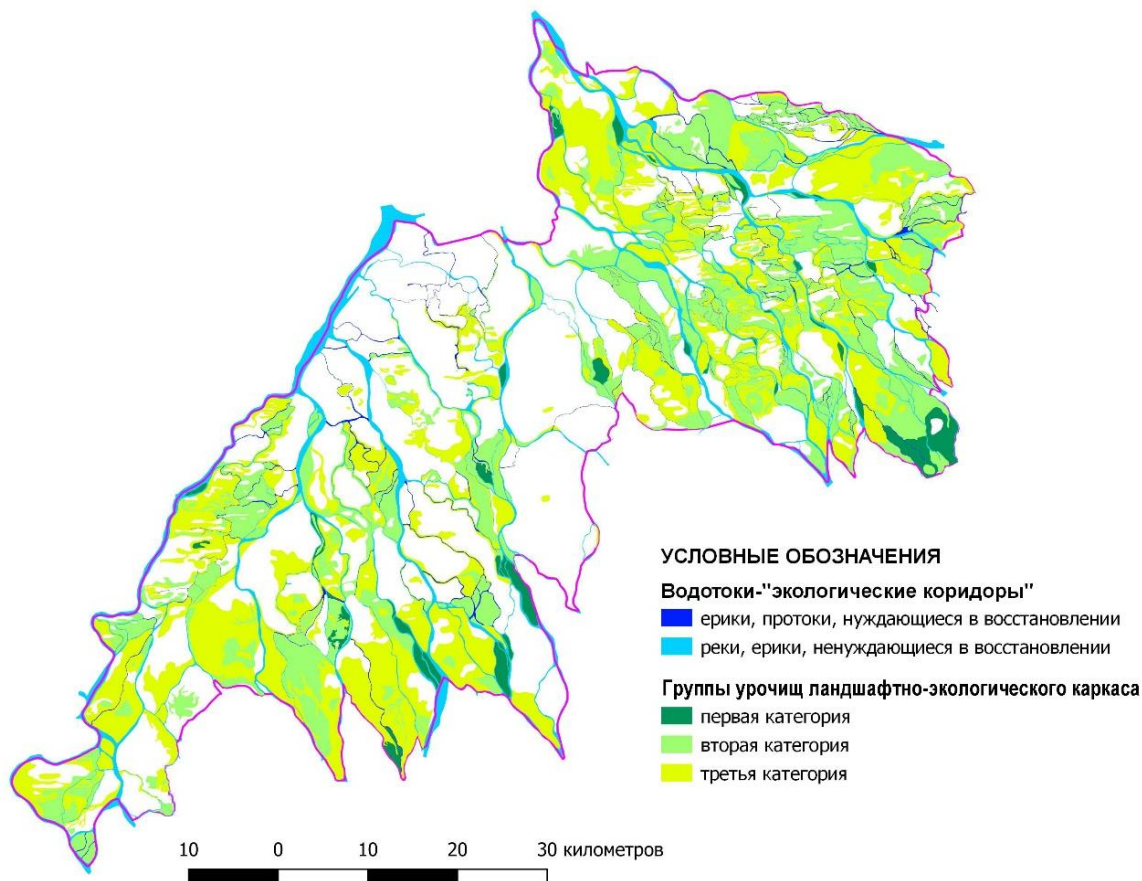


Рисунок 58. Картограмма пространственного расположения урочищ, рекомендованных к включению в ландшафтно-экологический каркас центрального района ландшафта дельты реки Волга (составлена автором)

Вторая группа, самая большая, представляет собой урочища второй категории антропогенного преобразования. Такие ПТК представлены как разноуровневыми русловыми, так и разноуровневыми култучными урочищами, межбугровыми ильменями. Наибольшая часть таких урочищ расположена в восточной части центрального района ландшафта дельты реки Волга.

В третью группу ландшафтно-экологического каркаса включены те урочища, которые после антропогенного воздействия находятся в процессе самовосстановления или же претерпели такие изменения своей структуры, которые

благоприятны для жизнедеятельности человека. Например, это могут быть бугры Бэра, ранее используемые в сельскохозяйственных целях, или култучные урочища с массивами лоха мелколистного и тамарикса многоветвистого, имеющих как естественное происхождение, так и сформировавшихся на залежных землях в результате механических нарушений почвенного покрова и его засоления, формирование которых можно считать актуальным для фактически безлесного региона (рисунок 59).



Рисунок 59. Заросли лоха мелколистного в центральном районе ландшафта дельты Волги, сформировавшиеся на залежных землях, окрестности с. Яблонька (за зарослями тростника). Фото автора

Роль так называемых экологических коридоров в исследуемой части дельты Волги выполняют водотоки. Выполненные маршрутные наблюдения, анализ данных ДЗЗ показали, что в настоящее время в центральном районе ландшафта дельты реки Волга отмечается большое количество сухих или временно заполняющихся водой русел (рисунок 60).

В связи с этим одной из рекомендаций по оптимизации системы ПТК центрального района ландшафта дельты является возможное восстановление

водотоков, нарушенных хозяйственной деятельностью человека, особенно изменением гидрологического режима Волги (рис. 61).



а



б

Рисунок 60. Пересохшие водотоки в центральном районе ландшафта дельты реки Волга. а – 2,5 км к востоку от с. Чулпан, Икрянинский район, Астраханская область; б – 0,8 км юго-западнее Чуркинского монастыря, Володарский район, Астраханская область (фото автора)

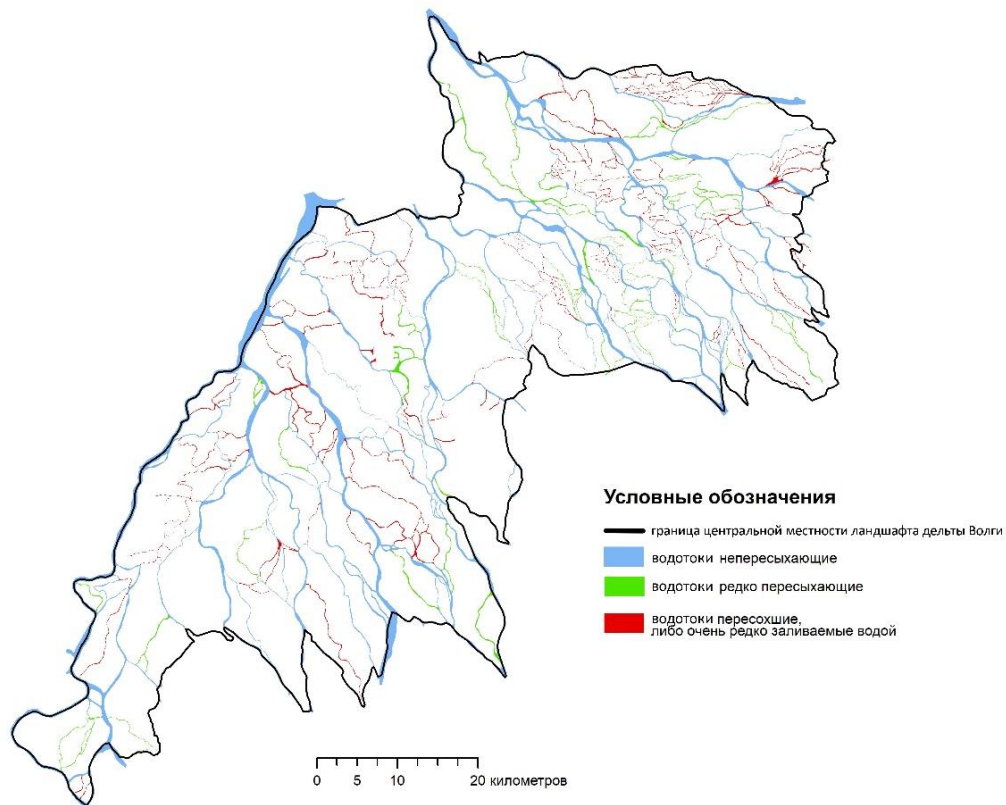


Рисунок 61. Схема существующих и «восстановленных» водотоков центрального района дельты Волги (составлено автором)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение современных геоинформационных подходов при анализе данных дистанционного зондирования Земли с использованием традиционных методов физико-географических исследований позволило выявить особенности морфологической структуры центрального района ландшафта дельты Волги. В пределах исследуемого региона общей площадью 3899,44 км² было выделено четыре основные группы урочищ, каждая из которых отличается своим генезисом. Среди них выделяются: русловые, култушные, бугровые, и урочища, сформировавшиеся на основе морских островов. Общее количество видов ПТК ранга урочище в пределах исследуемого региона составляет 31, из них 12 видов ПТК, входящих в группу русловых урочищ; 7 видов ПТК, входящих в группу култушных урочищ; 5 видов ПТК, входящих в группу бугровых урочищ; 3 вида ПТК, входящих в группу урочищ, сформированных на основе морских островов. Зафиксированное количество ландшафтных контуров (границ) урочищ в пределах исследуемого региона составило 2712. Наибольшие площади занимают группы култушноравнинных и русловых урочищ. По результатам проведенного исследования была составлена ландшафтная картосхема, на которой показаны основные геосистемы ранга урочище, слагающих центральный район ландшафта дельты реки Волга.

2. Анализ ландшафтного разнообразия позволяет выявить многообразие ПТК, формирующих пространственно-временную структуру геосистем более высокого ранга. Пространственно-статистический анализ ландшафтного разнообразия на основе индексов ландшафтной дробности, ландшафтной сложности, ландшафтной раздробленности, ландшафтной мозаичности, ландшафтного относительного богатства и ландшафтного разнообразия по индексу Менхеника показал, что в центральном районе ландшафта дельты реки Волга можно выделить 5 характерных ареалов с высокой концентрацией не только количества геосистем, но и их видов.

3. Исследование формирующихся модификаций геосистем должно учитывать историко-географические особенности хозяйственного освоения

исследуемого региона, включая последовательную смену исторически сложившихся типов использования геосистем с выделением соответствующих этапов. В процессе изменения естественной основы исследуемого района дельты Волги выделяется несколько этапов:

- от древнейших времен до середины XVI века н.э.;
- от середины XVI до середины XIX века;
- от середины XIX века до 70-х годов XX в.;
- от 70-х годов XX века до настоящего времени.

Они отличаются между собой направленностью, объемом и глубиной воздействия человека на природу, степенью трансформации исходных ПТК, а также усложнением структуры формирующихся антропогенных модификаций. Однако в каждом этапе прослеживается преобладание сельскохозяйственного использования ПТК.

4. Среди основных факторов антропогенного преобразования урочищ центрального района ландшафта дельты Волги были выделены карьеры, искусственные водные объекты, сельская и городская застройка. Ведущим фактором выступает сельскохозяйственное использование территорий. Залежи и возделываемые земли занимают 26,7% центрального района ландшафта дельты Волги. Соотношение залежей и пахотных земель в пределах исследуемого региона существенно варьирует у разных видов урочищ. Расчёт площади урочищ под сенокосные угодья показал, что они занимают 1234,35 км², что составляет 31,68% от всей площади центрального района ландшафта дельты реки Волги. Под земли пастбищ попадает 23,7% площади исследуемого района ландшафта дельты реки Волги.

Полученные показатели анализа соотношения групп геосистем ранга урочище и их видов в пределах того или иного типа хозяйственного использования геосистем, а также выявление особенностей распределения типов хозяйственного использования ПТК в группах урочищ могут быть использованы как в различных видах проектно-планировочных работ, так и при разработке рекомендаций по охране и рациональному использованию геосистем.

5. Для исследуемого региона было рассчитано восемь степеней антропогенного преобразования геосистем. Оценка антропогенной трансформации геосистем ранга урочище проводилась путем соотношения суммы площадей её модифицированных участков с учётом числовых коэффициентов степени антропогенной преобразованности с площадью естественной (первичной) геосистемы, в границах которой осуществляется тот или иной вид хозяйственной деятельности. Полученная таким образом количественная (балльная) система оценки трансформации геосистем далее была переведена в качественную характеристику.

6. Специфика антропогенной трансформации геосистем центрального района ландшафта дельты Волги изначально обусловлена особенностями её морфологической структуры и ландшафтного разнообразия, что привело к формированию особого режима использования геосистем человеком и определило особенности их преобразования. Было установлено, что существует взаимосвязь между типами хозяйственного использования ПТК и морфологической структуры центрального района ландшафта дельты р. Волга. Выявлено, что участки со сложной морфологической структурой ПТК, и, соответственно, высоким уровнем ландшафтного разнообразия, практически не подвергались большинству видов хозяйственного воздействия, за исключением тех территорий где геосистемы используются под пастбища, а также городскую застройку (г. Астрахань).

7. Полученные результаты по оценке антропогенной трансформации ПТК, а также учёт имеющихся разработок в области ландшафтного планирования, антропогенного и прикладного ландшафтоведения дают возможность разработки рекомендаций по рациональному использованию геосистем исследуемого региона, в том числе: оптимальное функционирование исследуемого района ландшафта дельты Волги и его хозяйственное использование требует соответствующих уровней и продолжительности весенних половодий объемом до 110-120 км³ во втором квартале; хозяйственное использование геосистем исследуемого региона должно быть адаптировано к их естественному уровню мозаичности; эффективное хозяйственное использование преобразованных человеком урочищ возможно при

их рекультивации; малонарушенные геосистемы региона должны быть включены в ландшафтно-экологический каркас исследуемой части дельты Волги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Астраханской области. / Ш.Ш. Народецкая, А.И. Глухова, А.И. Брекалова и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 136 с.
2. Айбулатов, Д.Н. Соотношение пассивного и активного выдвигания морского края дельты Волги / Д.Н. Айбулатов // Вестн. Моск. ун-та. Сер.5. География. – 2003. – №3. – С. 37-41
3. Алексеевский, Н.И. Динамика морского края дельты Волги и русловой режим ее дельтовых водотоков при колебаниях уровня Каспия / Н.И. Алексеевский, В.Н. Коротаев, В.Н. Михайлов // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1998. – Вып. 11. – С. 273-286.
4. Алексин, А.А. Структурно-геоморфологические исследования в дельте Волги / А. А. Алексин и др. // Структурно-геоморфологические исследования Прикаспия. Л.: Гостоптехиздат, 1962. – С. 419-433.
5. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / отв. ред.: Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева // М.: Наука, 2003. – 367 с.
6. Арманд, Д.Л. Наука о ландшафте: (Основы теории и логико-математические методы) / Д.Л. Арманд – М.: Мысль, 1975. – 286 с.
7. Артамонов, М.И. История хазар. / М.И. Артамонов – Л.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 1962. – 523 с.
8. Асанова, Г.З. Влияние Астраханской агломерации на трансформацию природно-территориальных и аквальных комплексов / Г.З. Асанова, А.Н. Бармин, М.М. Иолин, Р.В. Кондрашин – Астрахань, 2009. – 254 с
9. Атлас дельты Волги: геоморфология, русловая и береговая морфодинамика; Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. – М.: АПР, 2015. – 128 с.: цв. ил.
10. Бадюкова, Е.Н. Новые данные о морфологии и строении бэровских бугров / Е.Н. Бадюкова // Геоморфология. – 2005. – №4. – С. 25-38.

11. Байдин, С.С. Гидрология дельты Волги / С.С. Байдин, Ф.Н. Линберг, И.В. Самойлов // Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 331 с.
12. Балдина, Е.А. Картографирование современного состояния и многолетних изменений в использовании сельскохозяйственных земель в дельте Волги / Е.А. Балдина, К.А. Трошко // Геодезия и картография. – 2016. – 11. – С. 39-46.
13. Бармин, А.Н. Волго-Ахтубинская пойма и дельта реки Волги: динамика травянистого растительного покрова в меняющихся природных и антропогенных условиях. автореф. дис. ... доктора географ. наук: 25.00.23 / Бармин Александр Николаевич. – Волгоград, 2002. – 47 стр.
14. Бармин, А.Н. Почвенный покров дельты реки Волги: метеогидрологические изменения как факторы влияния на геохимические особенности миграции легкорастворимых солей / А.Н. Бармин, М.В. Валов, Н.С. Шуваев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2015б. – №15 (212). – Вып. 32. – С. 145-155.
15. Бармин, А.Н. Почвы дельты реки Волги: изменение содержания водорастворимых солей в меняющихся экологических условиях / А. Н. Бармин, М. В. Валов, М. М. Иолин // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2015. – № 1 (56). – С.141-154.;
16. Бармин, А.Н., Голуб В.Б. Поучительный урок результатов эксплуатации тростниковых зарослей в дельте р. Волги / А.Н. Бармин, В.Б. Голуб // Изв. Самарского НЦ РАН, 2000. – Т.2. №2. – С. 295-299.
17. Белевич, Е.Ф. Колебания уровня Каспийского моря и формирование дельты реки Волги / Е.Ф. Белевич // Труды Астраханского заповедника. – 1958. – Вып. 4. – С. 55-65.
18. Белевич, Е.Ф. Колебания уровня Каспия и развитие авандельты Волги / Е.Ф. Белевич // Геолого-геоморфологические исследования Каспийского моря. М.: Наука, 1983. – С. 55-65.

19. Белевич, Е.Ф. О происхождении бугров Бэра / Е.Ф. Белевич // Геоморфология. – 1979. – № 2. – С. 57-68.
20. Белевич, Е.Ф. Районирование дельты Волги / Е.Ф. Белевич // Труды Астраханского заповедника. – 1963. – Вып. 8. – С. 401-421.
21. Белов, С. А. Перспективы развития ландшафтно–экологического каркаса в городе Челябинске и его окрестности // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 67–й науч. конф. / Юж.–Урал. гос. ун–т.– Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2015.– С. 137–143.
22. Берг, Л.С. Основные черты морфологии дельты Волги / Л. С. Берг // Труды ГОИН. – 1951. – Вып. 18 (30). – С. 49-64.
23. Берг, Л.С. Предмет и задачи географии / Л. С. Берг // Известия Императорского Русского географического общества. – Т. 51. Вып. 1-10. – Петроград, 1915. – С. 463-475.
24. Берг, Л.С. Основные черты морфологии дельты Волги / Л С. Берг // Труды Государственного океанографического института имени Н. Н. Зубова. Ленинград, Гидрометиздат. – 1951. – Вып. 18 (30). – С. 49-64.
25. Берлянт, А.М. Картографический метод исследования / А.М Берлянт. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 252 с.
26. Бесчетнова, Э.И. Климатические особенности Астраханской области / Э.И. Бесчетнова, Л.М. Вознесенская // Материалы Всероссийской научной конференции "Астраханский край; история и современность". – Астрахань, 1997. – С. 213-215
27. Бодрова, В.Н. Картографирование лесистости острова Сарпинский Волгоградской области / В.Н. Бодрова // Вестник Московского университета. – Серия 5. География. – 2018 (3). – С. 47-54.
28. Боков, В.А. К методике оценки экологической ситуации / В.А. Боков, С.А. Карпенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «География». – 2010. – Т. 23 (62). – № 3. – С. 284-288.

29. Болышев, Н.Н. Почвы / Н.Н. Болышев // Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. – М.: Изд-во МГУ. – 1962. – С.57-117.
30. Бэр, К.М. Ученые записки о Каспийском море и его окрестностях / К.М. Бэр // Записки русского геогр. общ-ва. – Кн. XI. – 1856. – С. 181-224.
31. Валединский, В.В., Дельта реки Волги (по данным изысканий 1919-1925 гг.) / В.В. Валединский, Б.А. Аполлов // Труды отдела портов и управления внутренних водных путей. – Тифлис, 1928. – Вып. 5. – Т.1. – 661 с.
32. Валов, М.В. Влияние первичных и вторичных экологических факторов на динамику почвенно-растительного покрова долгопойменных территорий интразональных дельтовых ландшафтов реки Волги / Валов М.В., Бармин А.Н., Колотухин А.Ю., Бармина Е.А. // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 2(65). – С. 68-79.
33. Валов, М.В. Дельта реки Волги: структурно-динамические особенности каузального влияния дестабилизирующих факторов среды на функционирование почвенно-растительного покрова: дис-серт. ...канд. геогр. наук: 25.00.23 / Валов Михаил Викторович – Астрахань. 2018. – 218 с.
34. Валов, М.В. Циклические изменения гидроклиматических условий как фактор влияния на краткопойменные фитоценозы устьевой природной системы реки Волги / Валов М.В., Бармин А.Н., Колотухин А.Ю., Бармина Е.А. // Геология, география и глобальная энергия. – 2016. – № 3 (62). – С. 77-87.
35. Валов, М.В. Влияние контрастных смен условий влагообеспеченности на динамику характеристик почвенно-растительного покрова ландшафта дельты реки Волги / М.В. Валов, А.Н. Бармин, А.Ю. Колотухин, О.С. Ерошкина, Н.С. Шуваев // Геология, география и глобальная энергия. – 2019. – № 2 Вып. 73. – С. 125-136
36. Васильев, Д.В. Город и область Саксин в свете новых данных археологии / Д.В. Васильев // Поволжская археология. – 2015 – №2 (12). – С.189-267.
37. Викторov, А.С. Рисунок ландшафта / А.С. Викторov. – М.: Мысль, 1986. – 179 с.

38. Викторов, А.С. Рисунок ландшафта: анализ геометрических свойств ландшафта и его практическое применение. / А.С. Викторов. – Изд. 2-е. М.: ЛЕНАНД, 2014. – 184 с.
39. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б.В. Виноградов. – Москва: Наука, 1984. – 320 с.
40. Вознесенская, Л.М. Климатические особенности и опасные явления погоды Астраханской области в XX веке / Л.М. Вознесенская, Э.И. Бесчетнова. – Астрахань: Астраханский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2002. – 111 с.
41. Волынкин, И.Н. Ландшафтная карта и ландшафтное районирование Астраханской области / И. Н. Волынкин // Ученые записки Астраханского государственного педагогического института имени С. М. Кирова. – 1969. – Т. 16. Вопросы географии. – С. 119-135.
42. Волынкин, И.Н. Морфологическая структура ландшафтов Северного Прикаспия / И.Н. Волынкин // Проблемы физической географии Северо-Восточного Кавказа и сопредельных территорий. – Грозный: Чечено-Ингушский гос. ун-т, 1983. – С. 49-71.
43. Волынкин, И.Н. Природное (физико-географическое) районирование Астраханской области / И.Н. Волынкин // Вопросы природопользования. Труды первой конференции по природопользованию в г. Астрахани, 4-5 мая 1965 г., Ленинград-Астрахань, 1968. – С31-38.
44. Ганзей, К.С. Ландшафтное разнообразие Курильских островов / К.С. Ганзей, А.Н. Иванов // География и природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 87-94.
45. Геология дельты Волги / Под ред. М.В. Кленовой // Тр. Гос. Океанографического института (ГОИН) – Вып. 18/30. – Ленинград, Гидрометиздат, 1951. – С. 80-147.
46. Герасимов, И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды / И. П. Герасимов // Известия АН СССР. Сер. Геогр. – 1975. – № 3. – С.13-25.
47. Герасимов, И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира / И. П. Герасимов. – Москва: Наука, 1985. – 247 с.

48. Гмелин, С.Г. Путешествие по России для исследования трех царств природы. – Спб. – 1777.
49. Голованов А.И., Зимин Ф.М., Сметанин В.И. Рекультивация нарушенных земель: Учебник / Под ред. А.И. Голованова. – 3-е издание., испр. и доп. – Сп.б.: Издательство «Лань», 2015. – 336 с.
50. Головачев, И.В. О буграх Бэра и их происхождении / И.В Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 4 (67). – С. 139-149.
51. Голуб, В.Б. Дополнительные данные о динамике засоления почв и растительности в дельте р. Волги / В.Б. Голуб, В.В. Бондарева, В.К. Шитиков и др. // Аридные экосистемы. – 2015. – Т.21. – №3 (64). – С. 48-55.
52. Голуб, В.Б. Растительные сообщества низовий Волги на почвах с резко выраженной сезонной динамикой засоления / В.Б. Голуб, А.В. Чувашов, В.В. Бондарева, Николайчук Л.Ф. // Аридные экосистемы. – 2017. –Т.23. №1. – С. 31-39.
53. Голуб, В.Б. Состояние Волго - Ахтубинских лугов через 20 лет после зарегулирования стока Нижней Волги / В.Б. Голуб, И.Н. Горяинова, Г.А. Лосев, Л.С. Родман // Сб.: Агротехнические основы кормовой базы. – М. 1983. – С. 168-175.
54. Голуб, В.Б. Список растительных сообществ долины Нижней Волги / В.Б. Голуб, М.В. Мальцев // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2013. – Т. 7. – №3. – С.112-122.
55. Горемыкин, В.Я. Прирост края дельты Волги за период зарегулирования стока у Волгограда / В.Я. Горемыкин // Изв. ВГО. – 1970. – Т. 102. – Вып. 2.
56. Гумилёв, Л.Н. Открытие Хазарии (историко-географический этюд) / Л.Н. Гумилёв. – М.: ГРВЛ. 1966. – 192 с.
57. Гумилев, Л.Н. Тысячелетие вокруг Каспия / Л.Н. Гумилев. Составление и общая ред. А.И. Куркчи: – М.: Институт ДИ-ДИК, 1998. – 592 с.
58. Двинских, С.А. Экология лесопарковой зоны города / С.А. Двинских, Н. Г. Максимович, К.И. Малеев, О.В. Ларченко; под общ. ред. С. А. Двинских. – Санкт-Петербург: Наука, 2011. – 154 с.

59. Дельта Волги. Эволюция природной среды в условиях изменений климата / Ред. Янина Т.А./ Т.А. Янина, Н.С. Болиховская, Е.И. Полякова, А.А. Свиточ, и др. – М.: Географический факультет МГУ, ООО «Красногорская типография», 2019 – 168 с.
60. Доскач, А.Г. Природное районирование Прикаспийской полупустыни / А.Г. Доскач. – М.: Наука, 1979. – 146 с.
61. Егоренков, Л.И. Геоэкология / Л.И. Егоренков, Б. И. Кочуров. – Москва: Финансы и статистика, 2005. – 320 с.
62. Занозин, В. В. Морфологические особенности и распространение бэровских бугров в Астраханской области / В. В. Занозин // Кадастр недвижимости и мониторинг природных ресурсов: 3-я Всерос. науч.-технич. интернет-конф. / под общ. ред. И. А. Басовой. – Тула: Тульский гос. ун-т, 2013. – С. 200-202.
63. Занозин, В.В. Синтетический подход к исследованию и картографированию природно-территориальных комплексов центральной части ландшафта дельты Волги / В. В. Занозин // Теория и практика современных географических исследований: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 220-летию выдающегося русского мореплавателя, географа, вице-председателя русского географического общества Ф. П. Литке в рамках XIII большого географического фестиваля. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2017. – С. 609-613.
64. Занозин, В.В. Културнонравнинные урочища центральной части ландшафта дельты р. Волги: генезис, морфология и пространственное размещение / В.В. Занозин, А.Н. Бармин // Астраханский вестник экологического образования. – 2019. – 3(51). – С. 62-71.
65. Иванова, К.А. Возможности автоматизированной обработки данных ДЗЗ в программном комплексе IMAGE MEDIA CENTER / К.А. Иванова, В.Н. Горюнова // Геодезия и картография. – 2015. – Спецвыпуск. – С. 75–80.
66. Ивашутна, Л.И., К анализу ландшафтной структуры физико-географических регионов / Л.И. Ивашутна, В.А. Николаев // «Вестн. Моск. Ун-та.», сер. Геогр. –1969. – № 4.

67. Идрисова, Р.А. Ландшафты Чеченской Республики: пространственная структура и особенности селитебной нагрузки: автореф. дисс. ... канд. геогр. наук; 25.00.23 / Идрисова Роза Абдулаевна. – Нальчик, 2009. – 23 с.
68. Иогансен, Н.К. Классификация антропогенных ландшафтов / Н.К. Иогансен // «Вестник ЛГУ». – № 24. – 1970.
69. Исаченко, А. Г. Ландшафтное районирование России как основа для регионального эколого-географического анализа / А. Г. Исаченко // Изв. РГО. – 1996. – Т. 128, вып. 5. – С. 12–24.
70. Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – Москва: Высшая школа, 1991. – С. 153.
71. Исаченко, А.Г. Методы прикладных ландшафтных исследований / А.Г. Исаченко. – Л.: Наука, 1980. 222 с.
72. Исаченко, А.Г. Оптимизация природной среды (географический аспект) / А.Г. Исаченко. – М.: Мысль, 1980б. – 264 с.
73. Исаченко, А.Г. Физико-географическое картирование / А.Г. Исаченко. – Л.: Изд-во ЛГУ. Т. 1, 1958, 232 с.
74. Исаченко, А.Г. Физико-географическое картирование / А.Г. Исаченко. – Л.: Изд-во ЛГУ. Т. 2, 1960. 231 с.
75. Исаченко, А.Г. Физико-географическое картирование / А.Г. Исаченко. – Л.: Изд-во ЛГУ. Т. 3, 1961. 268 с.
76. Казаков, Л.К. Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования: учебное пособие / Л. К. Казаков. – М.: Академия, 2007. – 336 с.
77. Казаков, Л.К. Ландшафтоведение (природные и природно-антропогенные ландшафты) / Л. К. Казаков. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2004. – 264с.
78. Калинин, И.В. Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов равнинного Крыма / И.В. Калинин, В.А. Михайлов, Е.А. Позаченюк // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. – 2016. – № 25 (246). – Вып. 37. – С. 156-168.
79. Кирилин, А.Н. Космическое аппаратостроение: Научно-технические исследования и практические разработки ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» / А.Н.

Кирилин, Г.П. Аншаков, Р.Н. Ахметов, Д.А. Сторож: под ред. д.т.н. А.Н. Кирилина. – Самара: Издательский дом «АГНИ», 2011. – С. 75-82.

80. Кирилин, А.Н. Космическая система дистанционного зондирования Земли «Ресурс-П» / А.Н. Кирилин, Р.Н. Ахметов, Н.Р. Стратилатов и др. // Материалы 17-й Международной научно-технической конференции «От снимка к цифровой реальности: ДЗЗ и фотограмметрия» 16-19 октября, 2017 г. – Хадера, Израиль. – С. 15-23.

81. Кленова, М.В. Итоги литолого-геоморфологического изучения дельты Волги / М.В. Кленова // Тр. ГОИН. – 1951. – Вып.18(30). – С.383-394.

82. Кленова, М.В. Тенденция изменений геологических условий дельты Волги и северной части Каспийского моря / М.В. Кленова, Е.Ф. Белевич, Д.Е. Гершанович, М.П. Гудков // Тр. ГОИН. – 1955. – Вып. 28 (40). – С. 39-82.

83. Кленова, М.В. Мощность современных отложений дельты р. Волги / М.В. Кленова, Н.Г. Краснова, К.А. Рачковская // Докл. АН СССР. – 1941. – Том XXXI. – № 4.

84. Колбовский, Е.Ю. Геоинформационное моделирование и картографирование ландшафтных местоположений / Е.Ю. Колбовский // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка (спецвыпуск материалов картографической конференции). – 2016. – Т. 60. – № 5. – С. 20-24.

85. Колбовский, Е.Ю. ГИС-моделирование и проблемы теории ландшафта // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов / Е.Ю. Колбовский // Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, г. Воронеж 14-17 мая 2018 г. / Под ред. А. В. Хорошев. – Т. 1. – ИСТОКИ, Воронеж. – 2018. – С. 31-34.

86. Колбовский, Е.Ю. Ландшафтное планирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. за-ведений / Е.Ю. Колбовский. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.

87. Колбовский, Е.Ю. Неоландшафтоведение, или нерешенные вопросы теории классической географии (Часть 2) / Е.Ю. Колбовский // Ярославский педагогический вестник. – 2013. – Т. 3. № 2. – С. 125-134.

88. Колбовский, Е.Ю., Геоинформационные методы реализации ландшафтно-бассейнового подхода для оценки потенциального биоразнообразия лесного покрова Дальнего Востока / Е.Ю. Колбовский, Е.С. Есипова // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 1 (64). – С. 75-88.

89. Комплексное экологическое картографирование. (Географический аспект) / под ред. Н. С. Касимова. – Москва: Московский ун-т, 1997. – С. 48-49.

90. Коновалова, Т. И. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Т. И. Коновалова, Е. П. Бессолицина, И. Н. Владимиров, Е. А. Истомина, Л. Л. Калеп, Т. В. Кейко, Е. И. Кузьменко, В. А. Кузьмин, А. В. Латышева, Д. Ф. Леонтьев, С. И. Мясникова, Г. В. Пономарев, С. В. Солодянкина, И. Е. Трофимова, А. К. Черкашин. – Новосибирск: Наука, 2005. – 424 с.

91. Кочуров, Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б.И. Кочуров. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.

92. Кочуров, Б.И. Новые геоэкологические и социально-экологические термины и понятия / Б.И. Кочуров // Проблемы региональной экологии – 1997. – №1. – С.5-8.

93. Кочуров, Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б.И. Кочуров. – Москва – Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

94. Краснова, Н.Г. Образование отложений дельты Волги / Н.Г Краснова // Геология дельты Волги. Под ред проф. И.В. Кленовой Тр. Гос. Океанограф института (ГОИН). – Вып 18/30. – Ленинград, Гидрометиздат, 1951. – С. 80-148.

95. Краснова, Н.Г. Собственно дельта и восточные подступные ильмени / Н.Г Краснова // Геология дельты Волги. Под ред проф. И.В. Кленовой Тр. Гос. Океанограф института (ГОИН). – Вып. 18/30 Ленинград, Гидрометиздат, 1951. – С. 148-165.

96. Красножон, Г.Ф. Проблема исследования устьев рек, береговой и шельфовой зон Северного Каспия с помощью методов космической фотосъемки / Г.Ф. Красножон // Гидрофизика Северного Каспия. – М.: Наука, 1985. – С.50-62.

97. Красножон, Г.Ф. Изучение дельты и мелководного взморья реки Волги по материалам космических фотоснимков / Г.Ф. Красножон, Е.Э. Ковалев // Водные ресурсы. 2005. – Том 32. – № 6.

98. Кузин, А.В. Водные ресурсы / А.В. Кузин // Природа, прошлое и современность Астраханского края. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2008. – С. 155-172

99. Кузьменко, Е.И. Геоинформационное картографирование ландшафтов северо-запада Западной Сибири на основе данных мозаики Хансена / Е.И. Кузьменко, А.А. Фролов, А.В. Силаев // География и Природные Ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 145-153.

100. Кулик, К.Н. Использование ГИС-технологий при оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты волгоградского Заволжья / К.Н. Кулик, Н.А. Ткаченко, А.В. Кошелев // Известия ОГАУ. – 2015. – № 2 (52). – С. 161-163.

101. Куракова, Л.И. Современные ландшафты: Содержание, классификация, тенденции развития / Л.И. Куракова, Э.П. Романова // Вестник МГУ. – Сер.5. География. – 1989. – №2. – С. 31-37.

102. Лакин, Г.И. Хозяйственно-экономические очерки и наблюдения / Г.И. Лакин. – Астрахань. Типография атаманской канцелярии. – Вып.1. – 1903. – 216 с.

103. Леонтьев, О.К. Геоморфология и история развития северного побережья Каспийского моря / О.К. Леонтьев, Н.И. Фотеева. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1965. – 152 с.

104. Люри, Д.И. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д. И. Люри, С.В. Горячкин, Н. А. Караваева, Е.А. Денисенко, Т. Г. Нефедова. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.

105. Маловицкий, Я.П. Тектоника и перспективы нефтегазоносности окраинных и внутренних морей СССР. Группа южных морей // Тектоника и нефтегазоносность окраинных и внутренних морей. Л.: Недра, 1970.

106. Марцинкевич, Г. И. Ландшафтоведение Беларуси: основные достижения и направления дальнейшего развития / Г. И. Марцинкевич // Фокус. – 2007. – № 2. – С. 12-19.

107. Марцинкевич, Г.И. Ландшафтоведение / Г.И. Марцинкевич. – Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 2007. – 206 с.

108. Марцинкевич, Г.И. Оценка ландшафтного разнообразия природных и природно-антропогенных комплексов Беларуси / Г.И. Марцинкевич, И. И. Счастливая // Природопользование. – Вып. 11. – Мн.: ОДО «Тонпик», 2005. – С. 98-105.

109. Мейснер, В.И. Дельта Волги. Отчет о работах экспедиции по обследованию дельты р. Волги в 1914 г. / В.И. Мейснер // Материалы к познанию русского рыболовства. – 1915. – Т.IV. – Вып. 10. – Петроград. – 370 с.

110. Мильков, Ф.Н. Учение об антропогенных ландшафтах: вопросы теории, терминологии и преподавания в высшей школе / Ф.Н. Мильков // Вестник ВГУ. Серия география и геоэкология. – 2004. – № 1. – С.19-23.

111. Мильков, Ф.Н. Естественно-антропогенные ландшафты как особая категория природных комплексов / Ф.Н. Мильков // Антропогенные ландшафты: структура, методы и прикладные аспекты их изучения. – Воронеж. – 1988. – С. 4-13.

112. Мильков, Ф.Н. Сельскохозяйственные ландшафты, их специфика и классификация / Ф.Н. Мильков // Вопр. географии. – 1984. – Сб. 124. – С. 24- 34.

113. Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения / Ф.Н. Мильков. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.

114. Мильков, Ф.Н. Антропогенное ландшафтоведение, предмет изучения и современное состояние / Влияние человека на ландшафт. Вопросы географии. Сборник сто шестой. – М.: Мысль, 1977. – 208 с.

115. Михайлов, В.А. Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов с помощью ГИС (на примере Крымского Присивашья) (Электронный ресурс) / В.А. Михайлов // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – 10(18). – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17103> (дата обращения: 23.09.2019).

116. Мозер, Д.В. Исследование сходимости результатов обработки радиолокационных снимков Sentinel-1A с натурными наблюдениями сельскохозяйственных участков / Д.В. Мозер, Е. Левин, А.К. Сатбергенова // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 8. – С. 52-58. DOI:10.22389/0016-7126-2019-950-8-52-58.

117. Мышляков, С.Г. Возможности радарных снимков Sentinel-1 для решения задач сельского хозяйства / С.Г. Мышляков // Геоматика. – 2016. – 2 (31). – С. 16-24.

118. Мядзелец, А.В. Картографирование естественной и антропогенной нарушенности геосистем Прибайкалья / А.В Мядзелец // Геодезия и картография. – 2016. – №2. – С. 21-29. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-908-2-21-29.

119. Нижняя Волга: геоморфология, палеогеография и русловая морфодинамика / под ред. Г.И. Рычагова и В.Н. Коротаева. – М. ГЕОС. – 2002. – 242 с.

120. Николаев, В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения / В. А. Николаев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 160 с.

121. Николаев, В.А. Природно-антропогенные ландшафты (промышленные и транспортные геотехнические системы, геоэкологические основы ландшафтного строительства) / В. А.Николаев, Л. К. Казаков, Н. Г. Украинцева. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – 88 с.

122. Николаев, В.А. Геологическая история, рельеф и аллювиальные отложения / В.А. Николаев // Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги. – М.: Изд-во МГУ, 1962. – С.11-56.

123. Николаев, В.А. Геологическая история, рельеф и аллювиальные отложения / В.А. Николаев // Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги. – М., 1962. – С. 11-56.

124. Об утверждении Схемы территориального планирования Астраханской области: постановление Правительства Астраханской области от 26.11.2007 г. № 515-П.

125. Перцева А.А. Некоторые данные по истории колонизации и сельского хозяйства / А.А. Перцева // Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги. – М.: Изд-во МГУ. – 1962. – С.193-210.

126. Петрушевский, И.И. Плодоводство, огородничество и бахчеводство у крестьян Астраханской губернии / И.И. Петрушевский. – Астрахань, 1905. – 243 с.

127. Пешкун А.А. Создание трехмерных моделей местности с использованием материалов съемки космического аппарата типа «Ресурс-П» / А.А. Пешкун // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2016. – Т. 3. – Вып. 1. – С.28-33.

128. Пилипенко, В.Н. Флора и растительность / В.Н. Пилипенко // Природа и история Астраханского края. Астрахань, Изд-во Астраханского пед. ин-та, 1996. – С. 56-81.

129. Плюснин, И.И. Почвы Волго - Ахтубинской поймы / И.И. Плюснин // К познанию аллювия и аллювиальной почвы. Сталинград. Обл. кн. Изд - во. 1938. – 276 с.

130. Позаченюк, Е.А. Оценка ландшафтного разнообразия Алуштинского амфитеатра / Е.А. Позаченюк, А.А. Агиенко // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – Том 3 (69). – № 2. – 2017. – С. 102-116.

131. Помазкова, Н.В.. Ландшафтное разнообразие территории Забайкальского края: количественная оценка / Н.В. Помазкова, Л.М. Фалейчик // Вестник Забайкальского гос. ун-та. – 2013. – № 9. – С. 23-36.

132. Попов, А.А. Систематика пойменных почв Волго – Ахтубинской поймы и дельты р.Волги / А.А. Попов // Почвоведение. – 1960. – №5. – С. 65-71.

133. Постановление Правительства Астраханской области от 24.02.2010 № 54-П «Обутверждении Стратегии социально-экономического развития Астраханской области до 2020 года» (Электронный ресурс) – Режим доступа: <https://minec.astrobl.ru/document/strategia-socialno-ekonomiceskogo-razvitiia-astrahanskoi-oblasti-do-2020-goda> (дата обращения 04.12.2020.).

134. Пузаченко, Ю.Г. Разнообразие ландшафта и методы его измерения / Ю.Г. Пузаченко, К.Н. Дьяконов, Г.М. Алещенко // География и мониторинг биоразнообразия. – 2002. – С. 76-178.

135. Пурдик, Л.Н. Факторы и картографический анализ ландшафтного разнообразия территории Алтайского края / Л.Н. Пурдик, В.А. Червяков, А.А. Шибких // География и природные ресурсы, 2008. – № 1. – С. 156-161.

136. Рачковская, К.А. Геологическое строение дельты Волги // Тр. ГОИН. – 1951. – Вып.18 (30).

137. Романова, Э.П. Классификация современных ландшафтов / География, общество, окружающая среда. Том II. Функционирование и современное состояние ландшафтов: под ред. проф. К.Н. Дьяконова и проф. Э.П. Романовой. М.: «Издательский дом «Городец», 2014. – С. 308-310.

138. Рулев, А.С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации / А. С. Рулев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.

139. Русаков, Г.В. Геоморфологическое районирование дельты Волги / Г.В. Русаков // Геоморфология. – 1990. – № 3. – С. 99-106.

140. Рычагов, Г.И. Бэровские бугры / Г.И. Рычагов // Тр. Прикаспийской экспедиции. М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1958. – С. 190-223.

141. Рычагов, Г.И. Новые данные о генезисе и возрасте бэровских бугров / Г.И. Рычагов // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. – 2009. – № 5. – С. 59-68.

142. Рычагов, Г.И. Плейстоценовая история Каспийского моря / Г.И. Рычагов. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1997. – 268 с.

143. Рычагов, Г.И. История формирования палеodelьт Нижней Волги / Г.И. Рычагов, В.Н. Коротаев, А.В. Чернов // Геоморфология. – 2010. – №3. – С.73-81.

144. Сангина, Е.Г. Природно-экологический каркас в территориальном планировании Астраханской области / Е.Г. Сангина, Г.Б. Абуова, В.А. Еськова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2014. – № 2 (8). – С. 52-59.
145. Сафонов, Г.Е. Итоги изучения флоры бэровских бугров (низовья Волги) / Г.Е. Сафонов // Ботанический журнал. – 1975. – Т. 60. – С. 842-850.
146. Свиточ А.А., Бэровские бугры Нижнего Поволжья / А.А. Свиточ, Т.С. Ключевиткина. – Изд-во Россельхозакадемии. 2006. 160 с.
147. Свиточ, А.А. Бэровские бугры - загадка Северного Прикаспия / А.А. Свиточ, Т.С. Ключевиткина– Природа. – 2004. – № 2. – С. 32-38.
148. Свиточ, А.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря / А.А. Свиточ, Т.А. Янина. – М.: Рослесхозакадемия, 1997. – 268 с.
149. Слепокуров, А.С. Геоэкологические и инновационные аспекты развития туризма в Крыму / А.С. Слепокуров – Симферополь: СОНАТ, 2000. – 100 с.
150. Соколов, А.С. Ландшафтное разнообразие: теоретические основы, подходы и методы изучения / А.С. Соколов // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10. – Вып. 1. – С. 208-213.
151. Солнцев, Н.А. Учение о ландшафте (избранные труды) / Н.А. Солнцев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. – 384 с.
152. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 320 с.
153. Справочник по радиолокации / под общей ред. М.И. Скольника. пер. с англ. под общей ред. В.С. Вербы. В 2 книгах. Книга 2. – Москва: Техносфера, 2015. – 680 с.
154. Стандартные продукты, изготавливаемые по материалам с КА типа «Ресурс-П». (Электронный ресурс). – Режим досупа http://www.ntsomz.ru/for_clients/standart_ip/standart_ip_resurs_p#geoton.
155. Старожилов, В.Т. Метод векторно-слоевого ландшафтного картографирования и районирования / В.Т. Старожилов // Проблемы региональной экологии. – 2018. – №2. – С. 134-138.

156. Статистический обзор Астраханской губернии за 1914 год. – Астрахань, 1915. – 117 с.

157. 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.

158. Терехин, Э.А. Оценка спектрально-отражательных свойств залежных земель с использованием спутниковых данных / Э.А. Терехин // Научные ведомости. Серия Естественные науки. – 2017. – 4 (253). – Вып. 38. – С. 161-168.

159. Тимашев, И.Е. Ландшафтный прогнозный анализ при разработке региональных водохозяйственных систем (методологический подход) / И. Е. Тимашев // Рациональное использование водных ресурсов. – 1988. – Вып. 12. – 224 с.

160. Умаров, Ш.М. Исследование эффективности автоматизированных методов дешифрирования многозональных космических изображений для оценки нарушенности бугров Бэра / Ш.М. Умаров// Экология, экономика, информатика. Сборник статей: в 3 т. – Ростов-на-Дону Издательство Южного федерального университета. – Т. 3: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2015. – С. 387-392.

161. Хорошев, А.В. Географическая концепция ландшафтного планирования / А.В. Хорошев // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2012. – № 4. – С. 103-112.

162. Хорошев, А.В. К дискуссии о неоландшафтоведении: детерминированность, полимасштабность, полиструктурность / А.В. Хорошев // Известия Русского географического общества. – 2014. – Т. 146. – № 4. – С. 58-69.

163. Хорошев, А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта / А.В. Хорошев. – Москва: Товарищество научных изданий КМК. 2016. – 416 с.

164. Хорошев, А.В. Теория и методология ландшафтного планирования / А.В. Хорошев, И.А. Авессаломова, К.Н. Дьяконов и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. – 444 с.

165. Хорошев, А.В. Современное состояние ландшафтной экологии / А.В. Хорошев, Ю.Г. Пузаченко, К.Н. Дьяконов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2006. – № 5. – С. 12-21.

166. Хромых, В. С. Проблемы классификации пойменных ландшафтов / В.С. Хромых // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: мат-лы XIII Междунар. ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф. Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая, 2018 г.: в 2 т. / под ред. В. Б. Михно и др. – Воронеж: ИСТОКИ, 2018. – Т. 1. – С. 151-153.

167. Цаценкин, И.А. Растительность и естественные кормовые ресурсы Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги / И.А. Цаценкин // Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги. – М.: Изд-во МГУ. – 1962. – С.118-192.

168. Чамышев, А.В. Агромелиоративные особенности формирования высокопродуктивный агроценозов риса в Нижнем Поволжье: дис. ... д-ра с.-к. наук: 06.01.02, 06.01.09 / Чамышев Алексей Васильевич. – М.: РГБ, 2005. – 381 с.

169. Чепурнов, Р.Р. Морфометрические и ландшафтно-эстетические особенности Атарского экотона в долине реки Вятки / Р.Р. Чепурнов, А.М. Прокашев, С.Л. Мокрушин, С.А. Матушкин // Advanced science. – 2017. – № 2.

170. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.

171. Черкасов, И.Г. Статистическое и хозяйственное описание Астраханской губернии / И.Г. Черкасов. – 1860. – 263 с.

172. Черных, Д.В. Количественная оценка сложности и разнообразия ландшафтного покрова Русского Алтая / Д.В. Черных // Изв. Алтайского гос. ун-та. – 2011. – № 3-2 (71). – С. 60-65.

173. Шабанов, Д.И. Геоэкологическая оценка антропогенной трансформации ландшафтов Астраханской области с применением геоинформационных систем и дистанционного зондирования: дис-серт. ...канд. геогр. наук: 25.00.36 / Шабанов Дмитрий Иванович. – Астрахань, 2009. – 159 с.

174. Шищенко, П. Г. Прикладная физическая география / П. Г. Шищенко. – Киев: Выща школа, 1988б. – 192 с.

175. Шищенко, П.Г. Освоение и преобразованность ландшафтов среднего Приднепровья / П. Г. Шищенко, С. П. Романчук, Ю. В. Щур // Антропогенные ландшафты: структура, методы и прикладные аспекты изучения. – Воронеж: ВГУ, – 1988. – С. 42-47.

176. Шовенгерт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгерт. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.

177. Ямашкин, С.А. Моделирование синтетической ландшафтной карты / С.А. Ямашкин, А.А. Ямашкин // Перспективы развития информационных технологий. – 2016. – № 32. – С. 68-74.

178. Ямашкин, С.А. Использование ансамбль-систем для картографирования ландшафтов / С.А. Ямашкин, М.М. Радованович, А.А. Ямашкин, Д.В. Вукович, А.Н. Фролов // Геодезия и картография. – 2016. – № 7. – С. 42-49. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-913-7-42-49.

179. Янина, Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция / Т.А. Янина. – М. Географический факультет МГУ, 2012. – 264 с.

180. AgriSAR 2009. Technical Assistance for the Implementation of the AgriSAR 2009 Campaign / Final Report. V. 1 Executive Summary, Data Acquisition, Data Simulation // AgriSARTeam. MDA Systems Ltd. – 2011. – 590 p.

181. Amoroso N. The Exposed City: Mapping the Urban Invisibles // 1st ed. New York: Routledge, 2010. – 192 p.

182. André Botequilha Leitão Measuring landscapes: a planner's handbook / André Botequilha Leitão ... (et al.). – 2006. – P. 272.

183. Baiamonte G. Land mosaic naturalness evaluation: a proposal for European landscapes / G. Baiamonte, G. Bazan, F. M. Raimondo // European IALE Conference. – 2009. – DOI: 10.13140/2.1.1236.4489.

184. Bazzi H., Baghdadi N., El Hajj M., Zribi M., Minh D.H.T., Ndikumana E., Courault D., Belhoucette H. Mapping Paddy Rice Using Sentinel-1 SAR Time Series in Camargue, France // Remote Sensing. – 2019. – 11. – 887 p.

185. Birch Colin P.D., Oom Sander P., Beecham Jonathan A. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment, and simulation in ecology // Ecological Modelling. – 2007. – V. 206. – No. 3-4. – PP. 347-359.

186. Braun A., Hochschild V.A. SAR-Based Index for Landscape Changes in African Savannas // Remote Sensing. – 2017. – V.9. – 359 p. DOI: 10.3390/rs9040359

187. Carr N.B., Leinwand I.F., Wood D.J.A. A Multiscale Index of Landscape Intactness for Management of Public Lands // U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–2017. – 2017. – PP. 55-74. DOI: 10.3133/ofr20161207.

188. Corbane C., Faure J., Baghdadi N., Villeneuve N., Sensors M. P. Rapid Urban Mapping Using SAR // Optical Imagery Synergy. Sensors. – 2008. – 8 (11). – PP. 7125-7143. DOI: 10.3390/s8117125.

189. Costa R.T., Gonçalves C.F., Fushita A.T., dos Santos J.E. Land Use // Cover and Naturalness Changes for Watershed Environmental Management (Southeastern Brazil). Journal of Geoscience and Environment Protection. – 2017. – Vol. 5. – PP. 1-14. DOI: 10.4236/gep.2017.511001.

190. Costanza R., Voinov A., eds. Landscape Simulation Modeling: A Spatially Explicit, Dynamic Approach, Modeling Dynamic Systems, New York (Springer). – 2004.

191. Degenne P., Lo Seen, D., Parigot D., Forax R., Tran A., Ait Lahcen A., Cur'e O., Jeansoulin R. "Design of a Domain Specific Language for modelling processes in landscapes" // Ecological Modelling. – 2009. – 220(24). – PP. 3527–3535.

192. Ferrari C., Pezzi G., Diani L., Corazza M. Evaluating landscape quality with vegetation naturalness maps: An index and some inferences // Applied Vegetation Science. – 2009. – Vol. 11. – PP. 243-250. DOI: 10.3170/2008-7-18400.

193. Filgueiras R., Everardo Chartuni Mantovani, Daniel Althoff, Elpídio Inácio Fernandes Filho, Fernando França da Cunha Crop NDVI Monitoring Based on Sentinel 1 // Remote Sensing. – 2019. – (11). –1441 p.
194. Gaucherel Cédric, Houiller François, Auclair Daniel, Houet Thomas (2014). Dynamic Landscape Modelling: The Quest for a Unifying Theory // Living Reviews in Landscape Research. – 2014. – 8. doi10.12942/lrlr-2014-2.
195. Griffith J., Martinko E., Price K. Landscape Structure Analysis of Kansas at Three Scales // Landscape and Urban Planning. – 2000. – V. 52. – PP. 45-61. DOI: 10.1016/S0169-2046(00)00112-2.
196. Jalas J. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch (Hemerobic and hemerochoric and plant species. An attempt of a terminological reform) / J. Jalas // Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica. – 1955. – Vol. 72. – P. 1-15.
197. Ji L., Geng X., Sun K., Zhao Y. and P. Gong "Target detection method for water mapping using landsat 8 OLI/TIRS imagery." // Water. – 2015. – 7(2). PP. 794-817.
198. Katz J. Designing Information: Human Factors and Common Sense in Information Design // Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. – 2012. – 224 p.
199. Koppel K., Zalite K., Sisas A., Voormansik K., Praks J., Noorma M. Sentinel-1 for urban area monitoring – Analysing local-area statistics and interferometric coherence methods for build-ings' detection // Conference Paper. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2015 IEEE International, At Milan, Italy, 2015. – PP. 1175-1178. DOI: 10.1109/IGARSS.2015.7325981.
200. Kotliar N.B., Wiens J.A. “Multiple scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity” // Oikos. – 1990. – Vol. 59. – PP. 523–60.
201. Kowarik I. Zum menschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation: Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West) (To the human impact on flora and vegetation: Theoretical concepts and a quantification

approach using the example of Berlin (West)) / I. Kowarik // *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung*. – 1988. – Vol. 56. – P. 1–280.

202. Lehner A., Naeimi V., Steinnocher K. Sentinel-1 for Urban Areas – Comparison between Automatically Derived Settlement Layers from Sentinel-1 Data and Copernicus High Resolution Information Layers // Conference Paper. 3rd International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management (January 2017). – 2017. – DOI: 10.5220/0006320800430049.

203. Machado A. An index of naturalness // *Journal for Nature Conservation*. – 2004. – Vol. 12. – P. 95–110.

204. McFeeters S.K., The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features // *International Journal of Remote Sensing*. – 1996. – Vol. 17. – PP. 1425–1432.

205. McGarigal K. and Marks B.J. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure // Corvallis, Oregon: Oregon State University Forest Science Department. – 1995.

206. Menhinick E.F. Estimations of insect populations density in herbaceous vegetation with emphasis on removal sweeping // *Ecology*. – 1963. – No 44. – P. 617–622.

207. Mike A. Management Planning for Nature Conservation a Theoretical Basis & Practical Guide // Springer Netherlands, 2013. – 508 p.

208. O'Neil R.V., Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., Jackson B., DeAngelis D.L., Milne B.T., Turner M.G., Zygmunt B., Christensen S. W., Dale V.H., Graham R.L. Indices of landscape pattern // *Landscape Ecology*. – 1988. – Vol. 1 (3). – PP. 153–162.

209. Peterken G.F. Woodland Conservation and Management // London, Chapman and Hall Publ. – 1993.

210. Planet Imagery Product Specifications (Электронный ресурс). – Режим доступа <https://assets.planet.com/docs/combined-imagery-product-spec-final-august-2019.pdf>.

211. Rüdisser J., Tasser E., Tappeiner U. Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level // *Ecological Indicators*. – 2012. – Vol. 15. – PP. 208–216. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.09.027.

212. Sauer C. O. "The Morphology of Landscape". University of California Publications in Geography 2 (2), 1925. – PP. 19-53.

213. Saura S., Martínez-Millán J. "Landscape patterns simulation with a modified random clusters method" // *Landscape Ecology*. – 2000. – Vol. 15(7) – PP. 661–678.

214. Schindler S., Poirazidis K., Wrška T. Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: A case study from Dadia National Park, Greece // *Ecological Indicators*. – 2008. – No 8. – PP. 502-514. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.06.001.

215. Sentinel-2 User Handbook
https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook.

216. Sharing Earth Observation Resources (Электронный ресурс) - Режим доступа: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-8-ldcm>.

217. Simensen Trond, Halvorsen Rune, Erikstad Lars Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review // *Land Use Policy*. – 2018. – Vol. 75. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.04.022.

218. Sun C., Bian Y., Zhou T., Pan J. Using of Multi-Source and Multi-Temporal Remote Sensing Data Improves Crop-Type Mapping in the Subtropical Agriculture Region // *Sensors (Basel)*. – 2019. – Vol. 19(10). – PP.2401. doi:10.3390/s19102401.

219. Vreugdenhil M., Wagner W., Bauer-Marschallinger B., Pfeil I., Teubner I., Rüdiger C., Strauss P. Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study // *Remote Sens*. – 2018. – Vol. 10. 1396 p.

220. Walz U. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany // *Journal for Nature Conservation*. – 2014. – Vol. 22. – P. 279–289. – DOI: 10.1016/j.jnc.2014.01.007.

221. Whelen T., Siqueira P. Time-series classification of Sentinel-1 agricultural data over North Dakota // Remote Sensing Letters. – 2018. – Vol. 9. –PP. 411-420. doi: 10.1080/2150704X.2018.1430393.

222. Wrбка T., Erb K.H., Schulz N.B., Peterseila J., Hahna C., Haberl H. Linking Pattern and Process in Cultural Landscapes. An Empirical Study Based on Spatially Explicit Indicators // Land Use Policy. – 2004. – Vol. 21. – PP. 289–306. DOI:/10.1016/j.landusepol.2003.10.012.