

ISSN 2587-5566

Том 87, Номер 2

Март - Апрель 2023

ИЗВЕСТИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

СЕРИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ



www.sciencejournals.ru



СОДЕРЖАНИЕ

Том 87, номер 2, 2023

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА

- Оценка обособленности и целостности внутригородских районов
(на примере Санкт-Петербурга)
К. А. Страхов, Г. П. Невский 219
-

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

- Дискретные свойства русловых процессов и их отражение
в морфодинамике речных русел
Р. С. Чалов, С. Р. Чалов 234
-

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Трансграничный водообмен в бассейне Дона
С. В. Долгов, Н. И. Коронкевич, Ю. Ю. Алентьев 250
-

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бессточной
области Обь-Иртышского междуречья
*И. Д. Рыбкина, Н. В. Стоящева, Н. Ю. Курепина, А. В. Головин,
Е. Ю. Седова, О. В. Машкина* 264
- Районирование Обь-Иртышского бассейна по условиям размыва берегов рек
А. А. Куракова 280
-

ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТОПОНИМИКА

- Топонимические пласты междуречья Цны и Дона как свидетельство известных
и неучтенных народов юго-востока Древней Руси
Ю. Ю. Гордова, О. А. Мудрак 295
-

ВЗГЛЯД ГЕОГРАФА

- К вопросу о происхождении жанра “пейзаж” в европейской живописи
(взгляд ландшафтоведа)
Ю. Г. Тютюнник 304
- О единой классификации природных и антропогенных ландшафтных комплексов
С. В. Осипов 322
-
-

Contents

Volume 87, No. 2, 2023

Territorial Organization of Society

- Evaluation of Intracity Districts' Separateness and Integrity
(A Case Study of St. Petersburg)
K. A. Strakhov and G. P. Nevsky 219
-

Natural Processes and Dynamics of Geosystems

- Channel Processes Disconnectivity in Rivers Hydromorphology
R. S. Chalov and S. R. Chalov 234
-

Natural Resource Use and Geoecology

- Transboundary Water Exchange in the Don River Basin
S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, and Yu. Yu. Alentyev 250
-

Regional Geographical Problems

- Assessment of the Anthropogenic Load on Water Bodies
of the Ob–Irtysch Interfluvium: Inventory of Pollution Sources, Comparative Analysis
of Direct and Indirect Impacts
*I. D. Rybkina, N. V. Stoyashcheva, N. Yu. Kurepina, A. V. Golovin,
E. Yu. Sedova, and O. V. Mashkina* 264
- Regionalization of the Ob–Irtysch Basin According to the Conditions of Riverbanks Erosion
A. A. Kurakova 280
-

Historical Geography and Toponymic

- Toponymic and Linguistic Layers of the Interfluvium of the Tsna and the Don Rivers as
Evidence of Known and Unrecorded Peoples of the Southeast of Ancient Russia
Yu. Yu. Gordova and O. A. Mudrak 295
-

View of a Geographer

- On the Question of the European Landscape Origin (A View of the Scientist
of Landscape Science)
Yu. G. Tyutyunnik 304
- About the Unified Classification of Natural and Anthropogenic Landscape Complexes
S. V. Osipov 322
-
-

УДК 911.6

ОЦЕНКА ОБОСОБЛЕННОСТИ И ЦЕЛОСТНОСТИ ВНУТРИГОРОДСКИХ РАЙОНОВ (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

© 2023 г. К. А. Страхов^{a, b, *}, Г. П. Невский^{c, **}

^aИнститут географии РАН, Москва, Россия

^bФонд развития городского самоуправления “1870”, Санкт-Петербург, Россия

^c“КБ Стрелка”, Москва, Россия

*e-mail: k-strakhov@yandex.ru

**e-mail: nevskygrigory@gmail.com

Поступила в редакцию 08.08.2022 г.

После доработки 20.10.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

Обособленность и целостность территории признаны правоведами одними из критериев определения границ муниципальных образований. Анализ географических исследований связей между морфологией внутригородской территории, территориальной идентичностью и потенциалом развития местных сообществ привел авторов статьи к выводу, что данные критерии не обеспечены методикой измерения; в результате, исследования ограничены полигонами с крайними морфологическими характеристиками. В статье предложена методика оценки обособленности и целостности внутригородских районов. Рассматривая пешеходные связи как основу внутригородских муниципальных коммуникаций, авторы разработали методику на основе пешеходного графа, что позволяет получить более чувствительные оценки по сравнению с расчетами транспортной доступности. Рассчитаны показатели обособленности и целостности территориальных единиц Санкт-Петербурга – районов и муниципальных округов, а также обобщающий их интегральный показатель. Сделаны выводы, что обособленность и целостность внутригородского района находятся в слабой отрицательной связи между собой и заданы градостроительной политикой. Наибольшее соответствие принципам обособленности и целостности демонстрируют островные районы и периферийные муниципальные округа с крупной квартальной застройкой 1970-х годов. Авторы анонсируют исследование влияния морфологии территории на уровень развития местного самоуправления на основе результатов, представленных в настоящей статье.

Ключевые слова: городской район, внутригородское муниципальное образование, внутригородские границы, барьерность границ, обособленность, целостность, местное самоуправление (МСУ)

DOI: 10.31857/S2587556623020097, EDN: KHPZOV

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Критерии определения границ муниципальных образований становятся предметом научной дискуссии: специалисты (в основном, правоведаы и экономисты) переходят от перечисления разрозненных и нередко случайных характеристик территории к обоснованиям и теоретическим обобщениям. Наиболее ярко этот подход проявился в новой монографии “Территориальная организация местного самоуправления: тенденции, критерии, перспективы”, в которой представлен анализ географической литературы (работ Т.Г. Нефедовой, С.А. Тархова, В.Е. Шувалова, В.А. Шупера и др.). Авторы подразделяют критерии на управляющие и подчиненные и относят географические к первым (наряду с градостроительными, правовыми и историческими). В частности, указывая на “естественно-географические (природные)” и “искус-

ственные географические” рубежи, авторы считают, что “установление административных границ муниципальных единиц должно следовать таким естественным границам” и любое отступление от них должно быть “тщательно обосновано” (Дементьев и др., 2021, с. 119–120). Представления о местном самоуправлении (МСУ) как институте, связанном с “местом”, территориальным по природе и локализованным в пространстве, формулируют Э. Маркварт и А.Н. Швецов. Они связывают “исторически сложившиеся территории и границы” (“историческую систему расселения”) с самоидентификацией и единством местного сообщества – субъекта права на МСУ, но придают им “важное, но не абсолютное значение” (2017, с. 32–33). Л.А. Шарнина обобщает критерии “целостности единиц муниципального деления”, понимаемой как отсутствие анклавов,

образованных естественными барьерами (река-ми, горами и др.), и “компактности территории”, обеспечивающей единство местного населения (2019, с. 73, 79).

Наименьшее внимание специалисты уделяют территориальной организации МСУ на внутригородском уровне: Э. Маркварт и А.Н. Швецов ограничиваются небесспорной мыслью, что “именно города, а не районы внутри города являются интегрирующим началом, дающим чувство самоидентификации, сопричастности каждому жителю” (2017, с. 58), а Е.И. Хлуднев довольно поверхностно полагает, что “сложности здесь не должно возникнуть, так как в этих городах уже существуют административные районы, (...) останется только наделить их статусом муниципального образования” (2017, с. 77).

Рассуждения о значимости тех или иных географических факторов для территориальной организации МСУ остаются в известной мере умозрительными до тех пор, пока не будут эмпирически доказаны исследованиями. Но претендовать на решение столь масштабной задачи невозможно без решения задачи подготовительной – разработки и апробации методики количественной оценки характеристик территории муниципальных единиц. В настоящей статье предлагается начать исследование с наиболее часто упоминаемых характеристик – обособленности и целостности.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются территориальные единицы Санкт-Петербурга: внутригородские административные районы и муниципальные округа (далее в тексте – территориальные единицы), предметом – их пространственные характеристики: обособленность и целостность. Цель работы – оценка обособленности и целостности, задачи – разработка методики оценки, непосредственный расчет показателей и рефлексия полученных результатов.

Под *обособленностью* в настоящей статье понимается измеримая степень территориального ограничения пешеходных связей жителей территориальной единицы с внешним городским пространством, под *целостностью* – степень пешеходной связности пространства внутри границ территориальной единицы. Если *барьерность* понимается авторами как свойство границы, а *связность* как свойство территории, то обособленность и целостность – как свойства территориальной единицы (района или округа), обусловленные соответственно пешеходной барьерностью и связностью.

Важно подчеркнуть, что объектом исследования выступают искусственные образования, вырезанные из городского пространства по сугубо административным мотивам, поэтому речь идет

об оценке характеристик “ландшафтной базы” (термин Б.Б. Родомана) единиц внутригородского деления, которые, хотя часто и носят названия географических и исторических районов, во многих случаях не тождественны им (см. пример Купчина).

Выбор города федерального значения полигоном исследования позволяет провести оценку на двух иерархических уровнях: дробном окружном и крупном районном. На первом уровне в Санкт-Петербурге действуют 111 муниципальных образований, и хотя все они именуется “внутригородскими”, более широкими ресурсами и полномочиями пользуются 9 городов и 21 поселок в пригородной зоне, менее широкими – 81 муниципальный округ, выделенный на территории города как населенного пункта. Второй уровень составляют 18 административных районов, не имеющих органов МСУ. Десять из них являются полностью внутригородскими (имеют в границах только муниципальные округа), пять полностью пригородными, три “смешанными” (в границы Красносельского района входит г. Красное Село, Выборгского – пос. Левашово и Парголово, Приморского – пос. Лисий Нос). Наделение районов муниципальным статусом – предмет непрерывной дискуссии с начала 1990-х годов и вновь актуализировано планами муниципальной реформы, анонсированной городскими властями в 2021 г.¹

В качестве полигонов рассматриваются 81 муниципальный округ и 13 районов без пригородных (для трех “смешанных” районов показатели вынужденно рассчитаны с учетом пригородной периферии). Подход вызван, во-первых, соображениями “чистоты эксперимента”, т.е. оценки сопоставимых по морфологии высоко урбанизированных территорий². Во-вторых, убеждением, что пригородные города и поселки обладают исторически сложившимися территориями, собственной идентичностью и многолетним опытом советской, а затем муниципальной автономии, состоялись как муниципальные образования и не должны подвергаться вмешательству даже в научных целях – принцип “не навреди” верен и для географии. Дифференциация внутригородского пространства является актуальной проблемой: состоятельность существующего муниципально-

¹ <https://spbdtnevnik.ru/news/2021-10-18/predsedatel-zaksa-peterburga-aleksandr-belskiy-rasskazal-o-gryaduschey-munitsipalnoy-reforme> (дата обращения 23.05.2022).

² Проверка на нескольких полигонах показала применимость методики к пригородным муниципальным образованиям. Полученные значения несопоставимы с муниципальными округами из-за особенностей пригородных территорий: предельной обособленности и низких значений целостности полицентричной территории: пос. Шушары (98.09; 49.77), пос. Парголово (96.96; 57.59), гор. Красное Село (97.28; 62.10).

го деления непрерывно подвергается сомнению с момента утверждения в 1997 г.

ОБЗОР РАНЕЕ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Идеи взаимосвязи обособленности и целостности с социальным потенциалом внутригородского района имеют традицию в отечественной географии, прежде всего в районной планировке, предполагавшей децентрализацию ряда общегородских функций. Разрабатывая модель нового социалистического города, О.А. Константинов (1936, с. 15) писал, что «“Большой Ленинград” будет представлять комплекс отдельных районных городов, характеризующихся внутренним единством, сильными внутрирайонными связями и теснейшей заинтересованностью населения во всех сторонах производственной и культурной жизни своего района». Реальность модели признают современные географы: “если бы границы Санкт-Петербурга – Ленинграда в XX в. не менялись, как это было, например, в Париже или Нью-Йорке, то, скорее всего, вокруг Санкт-Петербурга (...) располагалось бы несколько десятков самостоятельных городских поселений” (Дегусарова и др., 2018, с. 28).

Ключевым понятием современной муниципальной географии выступает территориальная идентичность, которая, по мнению Н.Ю. Замятиной и А.Н. Пилясова (2013, с. 187), “связана с легитимацией местного сообщества как самостоятельного субъекта экономического и социального действия”. Опубликованные работы [см. обзор (Карлова, Зюзин, 2014)] освобождают нас от подробного обсуждения теоретических подходов к территориальной идентичности. Отметим лишь, что одним из механизмов формирования явно выраженной территориальной идентичности выступает территориальное ограничение функциональных связей (Замятина, 2012, с. 154).

В последние годы вышли несколько статей, в которых морфология внутригородского района увязана с территориальной идентичностью и развитием местного сообщества. Исследуя окруженный железными дорогами исторический район Карачарово в Москве, Е.В. Карлова и П.В. Зюзин (2014, с. 40) пришли к выводу, что “транспортная изолированность городского пространства создает физические барьеры в повседневном пространственном поведении людей, формирует схожий образ территории у жителей района и определяет степень выраженности их территориальной самоидентификации”, что обеспечивает “необходимые предпосылки для формирования местной самоорганизации (самоуправления)”³.

³ Сегодня Карачарово не обладает муниципальной автономией и юридически относится к Нижегородскому району Москвы.

Обособленность района рассчитана авторами как снижение транспортной проницаемости территории по методике С.А. Тархова (2007) (частное от деления периметра контура границ на число авто-, железно- и воднотранспортных пересечений), разработанной для регионального уровня.

Г.Г. Камкин (2020, с. 27) разрабатывает методику количественной оценки барьерности городской среды, понимаемой как “степень дезинтеграции города на относительно слабо связанные районы, обладающие внутренней целостностью”. Оценка проницаемости географических барьеров рассчитана им как соотношение измерений барьера (длина, ширина, площадь, площадь минимального барьерного периметра) с количеством пешеходных, автомобильных и железнодорожных пересечений. На примере Санкт-Петербурга автором сделан смелый вывод, что “локальный патриотизм на уровне административных районов непосредственно связан со степенью барьерности границ” (Камкин, 2018, с. 174), к сожалению, не подкрепленный количественной оценкой барьерности.

Вернакулярная школа, оперирующая понятиями территориальной самоидентификации и самоорганизации людей, отрицает прямую обусловленность формирования внутригородских сообществ физическими границами: отсутствие последних “ведет к размыванию границ сообщества”, но “существуют границы, которые не привязаны к территориальным различиям” (Пузанов, 2013, с. 35).

Влияние границ явно прослеживается в краеведческой литературе, отражающей субъективное восприятие крупных исторических районов Петербурга. Так, раздел о территории муниципального округа Автово поэтически озаглавлен авторами “Меж стальных магистралей” (Автово, 2016, с. 18). Д.В. Шаляпин (2014, с. 45) определяет границы современного района Купчино наблюдением, что “простота коммуникаций внутри района и, наоборот, сложность прохода–проезда за его пределы, позволяет четко выделить территорию, ограниченную линиями четырех железных дорог”, почти в 11 раз превышающую площадь одноименного муниципального округа. Вернакулярное членение исторического района Гражданка на “ФРГ” (“фешенебельный район Гражданки”) и “ГДР” (“Гражданка дальше ручья”) С. Григорьев объясняет как пространственными (“символической границей стал Мушинский ручей”), так и социальными различиями: по представлениям местных жителей, “ФРГ” “заселялся простыми людьми”, а социальный состав “ГДР” был “более разношерстным и менее интеллигентным” (цит. по: Глезеров, 2013, с. 361–362).

Анализ определений местного сообщества как субъекта МСУ приводит И.В. Мерсиянову (2010,

с. 156) к выводу, что “многие делают акцент на его территориальной целостности”. Однако внутренняя целостность внутригородского района, не раз упомянутая авторами приведенных цитат, изучена мало. Впервые исчисление территориальной целостности (цельности) района проведено В.Н. Бугроменко (1980) в отношении обслуживания пассажирским транспортом (на примере Красноармейского района Волгограда), но работа остается едва ли не единственной. Пешеходная связность сохраняется в поле внимания урбанистов и антропологов: отметим описание морфологии петербургского квартала (Козырева, 2015), графоаналитическое исследование пешеходной связности функционально однородных районов Санкт-Петербурга (Герман, 2021), идеи связности пешеходных маршрутов в центре города и центральных местах жилых районов в концепции Стратегии пространственного развития Екатеринбурга (Стратегия, 2017, с. 134–135).

Зарубежные исследования ведутся в парадигме пространственного синтаксиса городов (Hillier and Hanson, 1984), утвердившейся с развитием геоинформационных систем, прежде всего Spase syntax. Хотя чувствительность программного обеспечения для оценки пешеходных коммуникаций подвергается критике (Douvlo, 2008), предприняты попытки оценки внутригородских муниципальных образований Санкт-Петербурга по шаговой доступности объектов (Смирнов, 2022). Зарубежные реляционные подходы к городским исследованиям применяются в изучении локальных социальных процессов в обособленных пространствах, таких как Канонерский остров⁴ (Агафонова, 2013; 2015).

Перечисленные исследования обнаруживают ряд методологических проблем. Существующие методики оценки барьерности разработаны для более высокого уровня (регионального, общегородского) и недостаточно чувствительны на локальном, в результате исследования ведутся на крайних по своим характеристикам полигонах (Карачарово, Канонерский остров) и не могут быть распространены на районы с менее выраженной барьерностью. Препятствия для муниципальных исследований создает неразработанность методики оценки целостности внутригородского района, которые в настоящее время руководствуются транспортными аспектами барьерности и связности пространства, игнорируя пешеходные коммуникации, — более значимые для ежедневных социальных взаимодействий внутри местного сообщества, доступности органов МСУ и центров предоставления муниципальных услуг для жителей.

⁴ Канонерский остров, связанный с внешним городским пространством одним тоннелем, составляет основную северо-восточную часть островного муниципального округа Морские ворота.

ДАнные И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработанная нами методика оценки обособленности и целостности внутригородских территориальных единиц состоит из шести основных этапов.

На *первом этапе* собраны картографические данные. С портала OpenStreetMap (OSM) получены пешеходный граф, границы районов и муниципальных округов, границы жилых кварталов и микрорайонов, слои землепользования и жилой застройки, которые скачаны через pbf-файл, загруженный с портала BbVike.org с помощью rython-библиотеки ruogsm. С портала “Открытые данные Санкт-Петербурга” получен набор “Технические паспорта многоквартирных жилых домов” (ТПМКД), включающий географические координаты зданий⁵. Поскольку данные оказались неточными или неполными, проведена их обработка. С целью очистки данных пешеходного графа из выгруженного полного графа с тегом highway исключены участки, которые не допускают транзитное движение пешеходов: проезжие части улиц и дорог с автомобильным движением (кроме внутриквартальных проездов с тегами residential и living street) и пешеходные сети внутри закрытых территорий (на предприятиях, в полосе отвода железных дорог, подземной инфраструктуре метрополитена, на территориях с платным входом, таких как зоопарк и ботанический сад и т.д.). Выгруженный из OSM набор полигонов жилых кварталов по тегу landuse = residential оказался неполным и дополнен кварталами, сгенерированными на основе ТПМКД, кварталов землепользования OSM, полигонов зданий и принятых за условные границы кварталов линейных объектов (улично-дорожная сеть, реки, железные дороги и т.д.).

На *втором этапе* в границах полигона исследования сгенерирована гексагональная сетка с размером ребра гексагона в 12.5 м, который выбран подбором для повышения чувствительности оценки и соответствует длине створа одного из малых пешеходных мостов Санкт-Петербурга — Митрополичьего моста через реку Монастырку. Центроид каждой гексагональной клетки спроецирован на граф, от каждой спроецированной точки построена изолиния в 400 м, полученные изолинии спроецированы на гексагональную сетку. Подсчитано число изолиний, пересекающих каждую гексагональную клетку и проведено нормирование числового ряда; таким образом получена гексагональная сетка с расчетными значениями барьерной функции городской среды (рис. 1). Чем ниже числовой показатель в гексагоне, тем выше в нем показатель барьерности, максимальной ба-

⁵ https://classif.gov.spb.ru/irsi/7840013199-Tehniko-ekonomicheskie-pasporta-mnogokvartirnyh-domov/structure_version/207

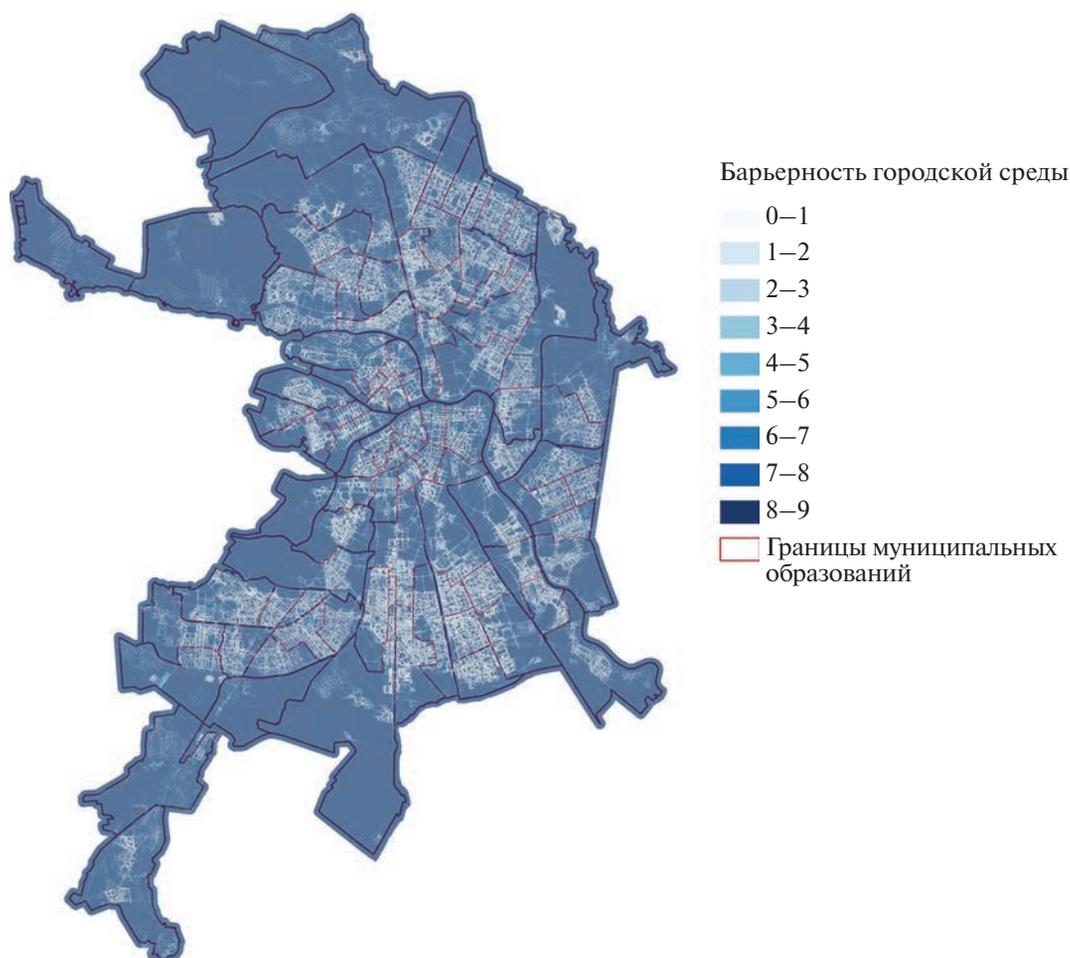


Рис. 1. Структура пешеходной барьерности городской среды Санкт-Петербурга с наложением границ муниципальных образований (без пригородных районов).

рьерностью обладает гексагон, через который не проходит ни одна изолиния.

На *третьем этапе* путем последовательного наложения на структуру районных и муниципальных границ рассчитаны индексы обособленности территориальных единиц Санкт-Петербурга. Получены значения в диапазоне от 51.35 до 99.87 условных единиц.

На *четвертом этапе* сгенерирована структура пешеходной связности жилых кварталов. На основе гексагональной сетки построен граф, ребро которого имеет вес, равный среднему значению барьерности клеток, соединенных данным ребром. Для муниципальных округов от каждого жилого квартала построен маршрут ко всем жилым кварталам внутри соответствующего муниципального округа по графу, полученному на предыдущем шаге (веса ребер в границах рассматриваемых кварталов имеют минимально возможное значение – 0). Таким образом выстроена матрица попарных расстояний $N \times N$, где N – количество кварталов в границах муниципального

округа. Главная диагональ матрицы – нулевая. Используя полученную матрицу, с помощью алгоритма кластеризации DBSCAN с заданным минимальным количеством кластеров равным 2 определены кластеры кварталов (рис. 2).

Для административных районов алгоритм повторяет вышеизложенный с тем исключением, что вместо жилых кварталов используются кластеры, полученные при расчете для муниципальных округов. Описанные алгоритмы выполнены соответственно для всех муниципальных округов и административных районов в полигоне исследования.

На *пятом этапе* рассчитаны индексы целостности территориальных единиц, за которые приняты рассчитанные средние значения попарных расстояний между всеми кластерами в границах каждой территориальной единицы. Поскольку в результате расчета получены значения в большом диапазоне (от 6 до 47 442), они приведены к показателям целостности соответствующих территориальных единиц методом



Рис. 2. Кластеризация жилых кварталов в границах муниципальных образований Санкт-Петербурга (без пригородных районов).



Рис. 3. Обособленность районов (а) и муниципальных округов (б) Санкт-Петербурга.

наименьших квадратов по формуле, предложенной к.ф.-м.н. А.Ю. Кондратьевым:

$$In = \frac{100a}{a - 1 + (I)^b},$$

где In – приведенный показатель целостности, I – расчетный показатель целостности, $a = 125$, $b = 0.45$.

В результате получены значения с диапазоном от 54.97 до 99.02 условных единиц.

На *шестом этапе* для каждой территориальной единицы рассчитана интегральная оценка в наиболее простом виде среднего арифметического соответствующих показателей обособленности и целостности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Получены следующие показатели обособленности и целостности территориальных единиц Санкт-Петербурга (табл. 1), таблица отсортирована по убыванию интегральной оценки.

Обособленность. Расчеты показывают высокое среднее значение обособленности районов и широкую дисперсию значений для муниципальных

округов (рис. 3). Максимальные показатели обособленности обусловлены островным положением (Василеостровский и Петроградский районы; округ Морские ворота), для муниципальных округов также значимы железные дороги (Автово), в том числе в сочетании с гидрографией (Малая Охта) и крупными автомобильными дорогами (Пороховые, Константиновское), для окраинных округов с крупным квартальным типом застройки (Сергиевское, № 15) – автомобильные дороги. Практически на всем протяжении граница Санкт-Петербурга и Ленинградской области носит барьерный характер, что влияет на обособленность приграничных территориальных единиц. В целом для муниципальных округов наблюдается инверсия центр-периферийной модели.

Наименьшая обособленность выявлена для небольших муниципалитетов в старой части города (Кронверкское, Семеновский, № 78 и др.). Ниже среднего городского показатель обособленности всех шести округов Центрального района, пяти из шести – в Петроградском, четырех из шести – в Адмиралтейском, а среди районов – у Адмиралтейского района. Помимо плотной исторической застройки важным фактором служит наследие сталинского районного деления, проведенного по политическим мотивам и не связанного с мор-

Таблица 1. Оценка обособленности и целостности районов и муниципальных округов Санкт-Петербурга (сортировка по убыванию интегральной оценки)

Группа (усл. ед.)	№ п/п		Наименование	Обособленность, усл. ед.	Целостность, усл. ед.	Интегральная оценка, усл. ед.	
	район	округ					
I (>90)		1	Автово	95.24	95.32	95.28	
		2	Сергиевское	93.41	96.10	94.75	
		3	Балканский	91.71	96.45	94.08	
		4	Малая Охта	98.59	88.67	93.63	
		5	№ 15	92.33	94.64	93.49	
	1		Василеостровский район	99.56	84.64	92.10	
		6	Остров Декабристов	96.37	84.21	90.29	
		7	Урицк	87.99	92.39	90.19	
II (85–90)		8	Юго-Запад	82.75	97.52	90.14	
	2		Петроградский район	98.50	81.22	89.86	
		9	Красненькая речка	80.59	99.02	89.80	
		10	Георгиевский	83.16	96.07	89.61	
		11	Княжево	82.67	95.59	89.13	
		12	Нарвский округ	90.79	87.14	88.96	
		13	Оккервиль	82.15	95.59	88.87	
		14	Северный	78.28	98.78	88.53	
		15	Правобережный	91.27	85.76	88.51	
		16	№ 21	78.64	96.62	87.63	
		17	Александровский	86.69	88.47	87.58	
		18	Коломна	85.40	89.10	87.25	
		19	Ульянка	85.86	87.64	86.75	
		20	Гагаринское	84.77	88.52	86.65	
	3		Фрунзенский район	93.19	79.89	86.54	
		21	Южно-Приморский	90.59	81.94	86.26	
		22	Купчино	75.54	96.66	86.10	
		23	Пороховые	92.07	79.59	85.83	
		24	Невский округ	88.09	83.48	85.78	
		25	Большая Охта	89.20	82.27	85.73	
	4		Невский район	97.56	73.40	85.48	
		26	Сосновая Поляна	91.48	79.31	85.39	
		27	Рыбацкое	94.57	76.03	85.30	
		28	Невская застава	90.18	80.20	85.19	
		29	Морской	89.12	81.01	85.07	
	5		Кировский район	94.70	75.39	85.05	
	III (80–85)		30	Морские ворота	99.84	69.59	84.71
			31	Дворцовый округ	78.78	90.55	84.66
			32	Екатерингофский	82.27	86.92	84.59
6			Центральный район	83.63	85.24	84.44	
		33	Ланское	83.05	85.46	84.26	
		34	Сосновское	74.28	93.90	84.09	
		35	Гражданка	74.21	93.28	83.74	
		36	Новоизмайловское	73.55	93.51	83.53	
		37	Дачное	73.42	93.55	83.49	
		38	Юнтолово	86.75	80.19	83.47	
		39	№ 65	87.16	79.51	83.34	
		40	Ивановский	77.61	89.05	83.33	
		41	№ 72	70.27	95.72	82.99	

Таблица 1. Окончание

Группа (усл. ед.)	№ п/п		Наименование	Обособленность, усл. ед.	Целостность, усл. ед.	Интегральная оценка, усл. ед.
	район	округ				
IV (75–80)		42	Обуховский	71.27	94.56	82.92
		43	№ 7	76.82	88.74	82.78
	7		Адмиралтейский район	78.38	86.46	82.42
		44	Константиновское	93.64	70.93	82.29
		45	Звездное	83.33	81.16	82.25
	8		Московский район	95.07	68.90	81.98
		46	Гавань	78.42	85.01	81.71
		47	Академическое	73.97	89.18	81.57
		48	Шувалово-Озерки	87.45	75.27	81.36
		49	Посадский	75.58	86.73	81.15
		50	Прометей	66.98	95.23	81.11
		51	Чкаловское	81.42	80.77	81.10
		52	Народный	90.07	71.08	80.57
		53	Ржевка	95.26	65.74	80.50
		54	Лахта-Ольгино	98.36	62.12	80.24
		55	Измайловское	74.07	85.49	79.78
		56	№ 54	78.75	80.45	79.60
		57	Введенский	62.74	96.18	79.46
		58	Смолянинское	74.45	84.46	79.45
	9		Калининский район	81.17	76.97	79.07
	10		Красногвардейский район	95.44	61.94	78.69
		59	Комендантский аэродром	73.46	83.41	78.44
		60	Московская застава	77.91	78.90	78.41
		61	Пискаревка	75.24	81.50	78.37
		62	Литейный округ	65.71	90.19	77.95
	11		Приморский район	96.43	59.37	77.90
		63	Волковское	77.81	77.26	77.54
		64	Озеро Долгое	67.04	87.85	77.45
		65	Лиговка-Ямская	74.30	80.16	77.23
		66	Горелово	96.47	56.22	76.34
		67	Светлановское	64.19	87.86	76.02
		68	Коломяги	90.82	61.06	75.94
		69	Полюстрово	90.78	61.10	75.94
	12		Выборгский район	90.09	61.33	75.71
13		Красносельский район	95.88	54.97	75.42	
	70	Адмиралтейский округ	60.72	89.81	75.27	
	71	округ Петровский	74.39	75.68	75.04	
V (70–75)		72	Владимирский округ	60.49	89.40	74.95
		73	Сампсониевское	68.64	81.17	74.91
		74	Пулковский меридиан	90.67	58.44	74.56
		75	Кронверкское	51.35	96.57	73.96
		76	Сенной округ	55.05	92.70	73.87
		77	№ 78	54.53	91.70	73.11
		78	Васильевский	62.69	83.29	72.99
		79	Семеновский	54.34	90.58	72.46
		80	Финляндский округ	71.16	73.19	72.18
		81	Аптекарский остров	58.95	84.24	71.60

Таблица 2. Обобщенные показатели для анализа результатов исследования

Показатель	Территориальные единицы	Показатели, усл. ед.				Коэффициент корреляции			
		минимум	максимум	среднее	медиана	площадь	периметр границ	людность	плотность населения
Обособленность	Районы	78.38	99.56	92.28	95.07	0.30	0.35	0.12	-0.64
	Округа	51.35	99.87	80.12	81.46	0.43	0.53	0.22	-0.28
Целостность	Районы	54.97	86.46	73.06	75.39	-0.91	-0.96	-0.68	0.78
	Округа	56.22	99.02	85.07	86.92	-0.74	-0.78	0.04	0.63
Интегральная оценка	Районы	75.42	92.10	82.67	82.42	-0.74	-0.76	-0.63	0.38
	Округа	71.60	95.28	82.60	82.99	-0.20	-0.13	0.25	0.26

фологией городской среды (Страхов, 2022). Преобладание в хорошо функционально зонированном Калининском районе муниципалитетов с обособленностью ниже среднего (семь из девяти) можно объяснить лишь стохастичностью муниципальных границ.

Корреляционный анализ выявляет лишь одну зависимость от основных характеристик территории и только для районов: обособленность несколько выше в районах с низкой плотностью населения (табл. 2), но ценность вывода снижает малое число наблюдаемых объектов.

Целостность. Показатели целостности, напротив, показывают высокие корреляции с характеристиками территории: для районов – отрицательную с периметром границ, площадью территории, людностью, и положительную – с плотностью населения; для муниципальных округов – отрицательную с периметром границ и площадью, людность не значима.

Средние показатели целостности муниципальных округов заметно выше районных: наилучший районный показатель (Адмиралтейский район) ниже значений 43 муниципальных округов. Близкие к абсолютным значения целостности зафиксированы для территорий массовой жилой застройки 1970-х годов (Красненькая речка, Северный, Юго-Запад, Купчино и др.), формирующих отчетливые кластеры (рис. 4), а в центральной части города – между Каменноостровским пр. и Большим пр. Петроградской стороны (Введенский, Кронверкское).

Наихудшие показатели в “смешанных” районах за счет пригородной периферии (Красносельский, Приморский, Выборгский), а также в Красногвардейском и Московском районах за счет влияния растянутых полицентричных округов Полострово и Пулковский меридиан. Низкие показатели зафиксированы в других периферийных муниципалитетах (Горелово, Коломяги, Лахта-Ольгино и др.), а показатели значительно ниже

среднего также в промышленном “сером поясе” (Финляндский округ, Волковское, Московская застава и др.). Для целого ряда округов-лидеров оказывается незначимым наличие внутренних физических барьеров (например, железные дороги на востоке Автова и севере Сергиевского), поскольку они не влияют на связность жилой зоны.

Интегральная оценка. Если диапазон оценок обособленности и целостности весьма широк, расчет значений интегральной оценки приводит к сжатию ряда, подтверждая комплементарность данного показателя. Средние оценки районов и округов практически идентичны, однако пространственные модели для них различны (рис. 5).

Среди районов высокие интегральные показатели у островных районов, наименьшие зафиксированы для “смешанных”, наблюдается отрицательная связь с периметром границ, площадью территории и людностью. Показатели муниципальных округов не демонстрируют значимых связей с параметрами территории. Зоны с более высокой интегральной оценкой выявлены на юго-западе (с фокусом в Автово), севере (Сергиевское, № 15), юге (Балканский) и востоке (Малая Охта). Показатели центральных округов в основном ниже средних за исключением Острова Декабристов, совмещающего водные границы с типом квартальной застройки 1970-х годов.

Сопоставление показателей районов с медианными показателями муниципальных округов на их территории (табл. 3) приводит к выводу, что обособленность муниципальных округов несколько ниже (в среднем по городу на 13%), а целостность заметно выше (в среднем по городу на 20%) показателей соответствующих районов.

Для шести периферийных районов разница в целостности муниципальных округов столь велика, что медианный показатель муниципалитетов превосходит районный (в этой группе все три “смешанных” района). Показатели для трех южных районов равновесны, и лишь для четырех



Рис. 4. Целостность районов (а) и муниципальных округов (б) Санкт-Петербурга.

центральных районов интегральная оценка выше (в среднем на 9%) медианных показателей расположенных в них муниципальных округов, главным образом, за счет относительно низкой барьерности муниципальной границы. Если принимать обособ-

ленность и целостность за определяющие критерии муниципального деления, выявленные соотношения требовали бы разукрупнения муниципалитетов в периферийных районах и укрупнения в центральных.

Таблица 3. Отношение медианных показателей муниципальных округов в границах района к показателю соответствующего района (сортировка по интегральной оценке)

Группа	Район	Обособленность	Целостность	Интегральная оценка
>1	Красносельский	0.95	1.47	1.14
	Красногвардейский	0.96	1.28	1.09
	Выборгский	0.82	1.43	1.07
	Кировский	0.91	1.24	1.05
	Калининский	0.91	1.21	1.03
	Приморский	0.9	1.35	1.03
=1	Невский	0.9	1.14	1
	Московский	0.88	1.18	1
	Фрунзенский	0.86	1.2	1
<1	Адмиралтейский	0.83	1.03	0.94
	Центральный	0.84	1.05	0.92
	Василеостровский	0.84	1	0.91
	Петроградский	0.7	1.1	0.86

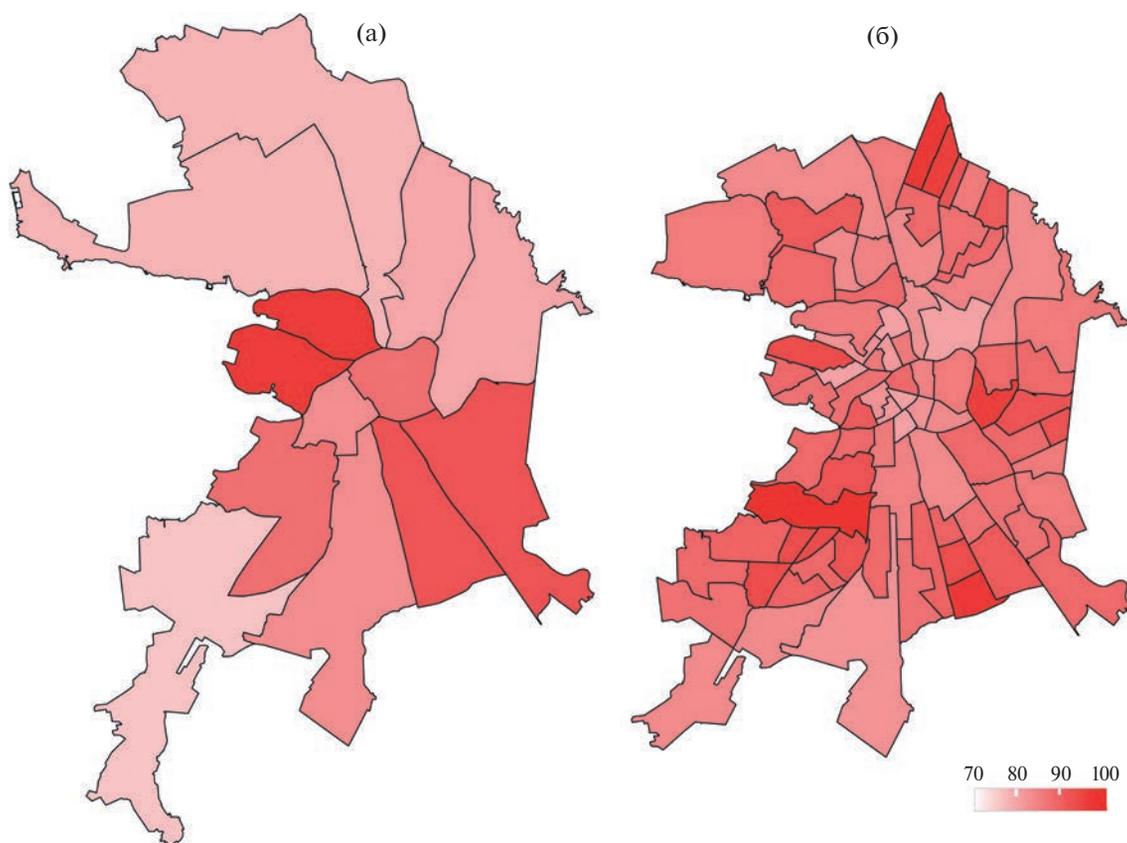


Рис. 5. Интегральная оценка обособленности и целостности районов (а) и муниципальных округов (б) Санкт-Петербурга.

ВЫВОДЫ

Обособленность и целостность – измеримые характеристики внутригородской территории и могут быть рассчитаны на основе пешеходного графа. Предложенные структуры позволяют оценить обособленность и целостность любой внутригородской территории, а также моделировать территории с заданными показателями обособленности и целостности. Предложенная методика оценки и полученные результаты открывают возможности количественных исследований соотношений морфологии территории и территориальной идентичности в любых территориальных единицах, а не только на наиболее контрастных полигонах. Изменение размера ребра гексагона позволяет настраивать оптику измерений в соответствии с особенностями морфологии полигона. Представленная методика обеспечивает значительно большую чувствительность по сравнению с существующими методами оценки, разработанными для объектов крупного ранга.

Обособленность и целостность внутригородских территориальных единиц находятся в слабой отрицательной связи между собой (корреляция для районов – 0.37, для округов – 0.43) и заданы политикой расселения и застройки города. Веду-

щим фактором для территориального устройства Санкт-Петербурга является наследие советских практик АТД, не учитывавших субъектность местного населения и во многих случаях морфологию территории, воспроизведенное муниципальным делением 1990-х годов. Выявлена слабая связность периферийных муниципальных округов как с приграничной территорией Ленинградской области, так и с пригородными городами и поселками Санкт-Петербурга.

Два уровня территориального устройства Санкт-Петербурга демонстрируют более высокую обособленность районов и большую целостность муниципальных округов, однако интегральные оценки равновесны. Концентрация территорий с повышенным интегральным показателем в периферийных частях Санкт-Петербурга свидетельствует о наибольшем соответствии принципам обособленности и целостности внутригородского района модели крупной квартальной застройки 1970-х годов (с большой долей обобщения их можно представить “районами-городами” в форме, редуцированной расширением городской черты). Если принять обособленность и целостность территориальных единиц за основу территориальной организации МСУ в Санкт-Петербурге, в

первую очередь территориальным преобразованиям подлежат единицы с наихудшей интегральной оценкой, причем в одних случаях это районы, а в других – муниципальные округа.

Действительно ли обособленность и целостность внутригородской территории способствуют развитию МСУ, предмет специального исследования, которое будет проведено авторами на основе данных, представленных в настоящей статье.

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарим ведущего специалиста транспортного развития территорий ООО “Лабград” Р.В. Носкова за объединение научных интересов авторов; научного сотрудника Международной лаборатории теории игр и принятия решений НИУ ВШЭ к. ф.-м. н. А.Ю. Кондратьева за консультации по математическим методам исследования и географа Н.К. Рудакова за помощь в подготовке иллюстраций.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Roman V. Noskov, the leading specialist of Labgrad LLC, for integration the scientific interests of the authors; Alexey Yu. Kondratev, Ph.D., the HSE International Laboratory of Game Theory and Decision Making Senior Research Fellow, for consultations on mathematical research methods and geographer Nikita K. Rudakov for help in preparing illustrations.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Автово. 340 лет / авт.-сост. Д.Ю. Алексеев. СПб.: Медиакомфорт, СПбГУПТД, 2016. 48 с.
- Агафонова А.Г. “Морские ворота” Санкт-Петербурга: Канонерский остров в дискурсе городских публик // Социология власти. 2013. № 3. С. 94–111.
- Агафонова А.Г. Реляционный подход в городских исследованиях // Журн. социологии и социальной антропологии. 2015. № 4. С. 96–110.
- Бугроменко В.Н. Исследование территориальной структуры города (на примере изучения внутригородского пассажирского транспорта): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1980. 22 с.
- Герман А.В. Дезинтегрирующая роль элементов транспортно-коммуникационной системы города (на примере Санкт-Петербурга) // Вестн. ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2021. № 2. С. 20–33.
<https://doi.org/10.15593/2409-5125/2021.02.02>
- Глезеров С.Е. Северные окраины Петербурга. Лесной, Гражданка, Ручьи, Удельная. М.: Центрполиграф, 2013. 479 с.
- Дегусарова В.С., Мартынов В.Л., Сазонова И.Е. Геодемографические особенности пригородной зоны Санкт-Петербурга // Балтийский регион. 2018. Т. 10. № 3. С. 19–40.
<https://doi.org/10.5922/2079-8555-2018-3-2>

Дементьев А.Н., Дементьева О.А., Бондарь В.Н. Территориальная организация местного самоуправления: тенденции, критерии, перспективы. М.: Норм, 2021. 360 с.

Замятина Н.Ю. Территориальные идентичности и социальные структуры // Общественные науки и современность. 2012. № 5. С. 151–163.

Замятина Н.Ю., Пилясов А.Н. Россия, которую мы обрели: исследуя пространство на микроуровне. М.: Новый хронограф, 2013. 548 с.

Камкин Г.Г. Барьерность в городской среде и локальный патриотизм (на примере Санкт-Петербурга) // Балтийский регион: актуальные проблемы развития и преобразования природной и социокультурной среды: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (22–23 ноября 2018 г.; Псков. гос. ун-т). Псков, 2018. С. 167–174.

Камкин Г.Г. Барьерность городской среды и ее количественная оценка (на примере Москвы) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. № 1. С. 27–36.
<https://doi.org/10.31857/S2587556620010094>

Карлова Е.В., Зюзин П.В. Локальные сообщества жителей в условиях транспортных городских барьеров // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 5. С. 36–41.

Козырева Е.И. Петербургский квартал: пространство и мир // Вестн. Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 15. 2015. Вып. 3. С. 44–65.

Константинов О.А. Тезисы экономического обоснования “Большого Ленинграда” / ЦГА СПб. Ф. 3303. Оп. 2. Д. 47. Л. 14–18.

Маркварт Э., Швецов А.Н. Территориальная организация местного самоуправления и управление городскими агломерациями. М.: Изд. дом “Дело” РАН-ХиГС, 2017. 304 с.

Мерсиянова И.В. Территориальное общественное самоуправление как форма общественного участия // Вопросы государственного и муниципального управления. 2010. № 3. С. 149–168.

Пузанов К.А. Территориальные границы городских сообществ // Социология власти. 2013. № 3. С. 27–38.

Смирнов О.О. Развитие муниципальных округов Санкт-Петербурга за последнее десятилетие: экономический и пространственный анализ // Балтийский регион. 2022. Т. 14. № 2. С. 53–68.
<https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-2-4>

Стратегия пространственного развития Екатеринбурга: концепция. Екатеринбург: Tatlin, 2017. 312 с.

Страхов К.А. Сталинский джержимендеринг: как Ленинград разделили на районы в 1936 году // Городские исследования и практики. 2022. Т. 7. № 2. С. 35–60.
<https://doi.org/10.17323/usp7220220000>

Тархов С.А. Инфраструктурная интегрированность территории (транспортная связность и проницаемость территории, развитие связи и телекоммуникаций) // Пространство, люди, экономика Югры. Социально-экономическая трансформация Ханты-Мансийского автономного округа / ред. С.С. Артоболовский, О.Б. Глезер. М.: Экономистъ, 2007. С. 130–162.

- Хлуднев Е.И. Граница муниципальных образований в Российской Федерации. М.: Библио-глобус, 2017. 214 с.
- Шалыпин Д.В. Купчино. Четыре века истории. 50 лет современности. М.: Центрполиграф, 2014. 348 с.
- Шарнина Л.А. Территориальная организация местного самоуправления Российской Федерации. М.: Инфра-М; Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2019. 168 с.
- Douvlou E., Papathoma D., Turrell I. (The Hidden City) Between the border and the vacuum: the impact of physical environment on aspects of social sustainability // *WIT Transactions on Ecol. and the Environ.* 2008. Vol. 117. P. 365–375.
- Hillier B., Hanson J. The social logic of space. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1984. 281 p.

Evaluation of Intracity Districts' Separateness and Integrity (A Case Study of St. Petersburg)

K. A. Strakhov^{1, 2, *} and G. P. Nevsky^{3, **}

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*City Self-Governance Development Foundation "1870," St. Petersburg, Russia*

³*"KB Strelka," Moscow, Russia*

*e-mail: k-strakhov@yandex.ru

**e-mail: nevskygrigory@gmail.com

The territory's isolation and integrity are recognized by jurists as criteria for determining the municipalities' boundaries. Analyzing the geographic studies of the innercity territory morphology, territorial identity and the local communities development potential relationship, the authors come to conclusion that these criteria are not supplied with measurement methodology. As a result the studies are limited by extreme characteristics polygons. The article proposes a methodology for assessing of intracity territories' isolation and integrity. Considering pedestrian links as the basis of intracity municipal communications, the authors develop a methodology based on the pedestrian graph, which makes more sensitive estimates comparing with transport methods. The indicators of isolation and integrity, as well as the integral indicator are calculated for the territorial units of St. Petersburg—administrative and municipal districts. The authors come to the conclusion that intracity district's isolation and integrity are in a weak negative relationship with each other and are set by the urban settlement and development policy. According to the integral assessment, island administrative districts and peripheral municipal districts with the 1970s large quarter buildings demonstrate the greatest compliance with the isolation and integrity principles. The authors announce a study of the territory morphology influence on the local self-government development level based on the data presented in this article.

Keywords: intracity district, intracity municipality, intracity borders, borders' barrieriness, isolation, integrity, local self-government

REFERENCES

- Agafonova A.G. "Sea Gates" of St. Petersburg: Kanonersky Island in urban publics discourse. *Sotsiol. Vlasti*, 2013, no. 3, pp. 94–111. (In Russ.).
- Agafonova A.G. Relational approach in urban studies. *Zh. Sotsiol. Sotsial'noi Antropologii*, 2015, no. 4, pp. 96–110. (In Russ.).
- Avtovo. 340 let* [Avtovo. 340 Years]. Alekseev D.Yu., Ed. St. Petersburg: Mediakomfort, SPbGUPTD, 2016. 48 p.
- Bugromenko V.N. *Issledovanie territorial'noi struktury goroda (na primere izucheniya vnutrigorodskogo passazhirskogo transporta)* [City's Territorial Structure Study (On the Case of Intracity Passenger Transport Study)]. Moscow, 1980. 22 p.
- Degusarova V.S., Martynov V.L., Sazonova I.E. Geodemography of the St. Petersburg suburbs. *Balt. Reg.* 2018, vol. 10, no. 3, pp. 19–40. (In Russ.).
<https://doi.org/10.5922/2079-8555-2018-3-2>
- Dement'ev A.N., Dement'eva O.A., Bondar' V.N. *Territorial'naya organizatsiya mestnogo samoupravleniya: tendentsii, kriterii, perspektivy* [Territorial Organization of Local Self-Government: Trends, Criteria, Prospects]. Moscow: Norma Publ., 2021. 360 p.
- Douvlou E., Papathoma D., Turrell I. (The Hidden City) Between the border and the vacuum: the impact of physical environment on aspects of social sustainability. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2008, vol. 117, pp. 365–375.
- German A.V. The Disintegrating role of the elements of the city's transport and communication system (the Case of St. Petersburg). *Vestn. PNIPU. Priklad. Ekol. Urbanistika*, 2021, no. 2, pp. 20–33. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15593/2409-5125/2021.02.02>
- Glezerov S.E. *Severnnye okrainy Peterburga. Lesnoi, Grazhdanka, Ruch'i, Udel'naya* [Northern Outskirts of Petersburg. Lesnoi, Grazhdanka, Ruch'i, Udel'naya]. Moscow: Centrpoligraf, 2013. 479 p.
- Hillier B., Hanson J. *The social logic of space*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 281 p.
- Hludnev E.I. *Granitsa munitsipal'nykh obrazovaniy v Rossiiskoi Federatsii* [The Border of Municipalities in the Russian Federation]. Moscow: Biblio-Globus Publ., 2017. 214 p.

- Kamkin G.G. Barriers in the urban environment and local patriotism (The Case of St. Petersburg). In *Baltiiskii region: aktual'nye problemy razvitiya i preobrazovaniya prirodnoi i sotsiokul'turnoi sredy. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Pskov, 22–23 noyabrya 2018* [The Baltic Region: Actual Problems of Development and Transformation of the Natural and Sociocultural Environment: Materials of the International Scientific and Practic Conference]. Pskov, 2018, pp. 167–174. (In Russ.).
- Kamkin G.G. Barrier function of the urban environment and its quantitative assessment (A case of Moscow). *Reg. Res. Russ.*, 2020, vol. 10, no. 3, pp. 381–387. <https://doi.org/10.1134/S2079970520030053>
- Karlova E.V., Zjuzin P.V. Local urban communities under the situation of transport isolation. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5. Geogr.*, 2014, no. 5, pp. 36–41. (In Russ.).
- Kozyreva E.I. The St. Petersburg quarter: space and world. *Vestn. S.-Peterb. Univ. Ser. 15*, 2015, vol. 3, pp. 44–65. (In Russ.).
- Konstantinov O.A. *Tezisy ekonomicheskogo obosnovaniya "Bol'shogo Leningrada"* [Theses of the "Greater Leningrad" Economic Justification]. TsGA SPb. F. 3303. Vol. 2, no. 47, pp. 14–18. (In Russ.).
- Markwart E., Shvetsov A.N. *Territorial'naya organizatsiya mestnogo samoupravleniya i upravlenie gorodskimi aglomeratsiyami* [Territorial Organization of Local Self-Government and Management of Urban Agglomerations]. Moscow: Izdatelskii dom "Delo" RANHiGS, 2017. 304 p.
- Mersiyanova I.V. Territorial public self-government as a form of public participation. *Vopr. Gos. i Munitsipal'nogo Upravleniya*, 2010, no. 3, pp. 149–168. (In Russ.).
- Puzanov K.A. Territorial boundaries of urban communities. *Sotsiol. Vlasti*, 2013, no. 3, pp. 27–38. (In Russ.).
- Shalyapin D.V. *Kupchino. Chetyre veka istorii. 50 let sovremennosti* [Kupchino. Four Centuries of History. 50 Years of Modernity]. Moscow: Centrpoligraf Publ., 2014. 348 p.
- Sharnina L.A. *Territorial'naya organizatsiya mestnogo samoupravleniya Rossiiskoi Federatsii* [Territorial Organization of Local Self-Government of the Russian Federation]. Moscow: Infra-M; Krasnoyarsk: Sib. Feder. Un-t, 2019. 168 p.
- Strakhov K.A. Stalin's gerrymandering: How Leningrad was divided into districts in 1936. *Gorodskie Issledovaniya i Praktiki*, 2022, vol. 7, no. 2, pp. 35–60. (In Russ.). <https://doi.org/10.17323/usp7220220000>
- Smirnov O.O. Development of municipal districts in St. Petersburg over the last decade: an economic and spatial analysis. *Balt. Reg.*, 2022, vol. 14, no. 2, pp. 53–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-2-4>
- Strategiya prostranstvennogo razvitiya Ekaterinburga: kontseptsiya* [Yekaterinburg Spatial Development Strategy: Concept]. Ekaterinburg: Tatlin, 2017. 312 p.
- Tarkhov S.A. Infrastructural integration of the territory (transport connectivity and permeability of the territory, development of telecommunications). In *Prostranstvo, lyudi, ekonomika Jugry. Sotsial'no-ekonomicheskaya transformatsiya Hanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga* [Space, People, Economy of Yugra. Socioeconomic Transformation of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. Moscow: Ekonomist Publ., 2007, pp. 130–162. (In Russ.).
- Zamyatina N.Yu. Territorial identities and social structures. *Obshch. Nauki i Sovremennost'*, 2012, no. 5, pp. 151–163. (In Russ.).
- Zamyatina N.Yu., Pilyasov A.N. *Rossiya, kotoruyu my obreli: issleduya prostranstvo na mikrourovne* [The Russia We Found: Exploring Space on a Micro-Level]. Moscow: Novyi Khronograf Publ., 2013. 548 p.

УДК 551.482.212:556.5

ДИСКРЕТНЫЕ СВОЙСТВА РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ОТРАЖЕНИЕ В МОРФОДИНАМИКЕ РЕЧНЫХ РУСЕЛ

© 2023 г. Р. С. Чалов^а, *, С. Р. Чалов^а

^аМосковский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: rschalov@mail.ru

Поступила в редакцию 14.06.2022 г.

После доработки 19.12.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

В статье на основе обобщения материалов по рекам Северной Евразии анализируется дискретность проявления русловых процессов и морфодинамических типов русла. Выделены пять структурных уровней относительно прямолинейных, меандрирующих и разветвленных рек. Процесс разветвления проявляется в существовании на реках точечных, осередковых, русловых (островных), пойменно-русловых разветвлений и раздвоенных русел (в дельтах больших и крупнейших рек – дельтовых разветвлений); процесс меандрирования – в извилистости динамической оси потока, не образующей русловых форм, побочном русле, излучинах (пологих, развитых и крутых сегментных), сложных петлеобразных и больших излучинах. Из-за неустойчивости прямолинейного движения потока структурные уровни прямолинейных неразветвленных участков русла выделяются по их размерам: плесовые ложины на перекатах, вставки между смежными излучинами и звеньями сопряженных разветвлений, участки между одиночными разветвлениями и плесовые протяженные участки вдоль коренных берегов или во врезанном русле. Каждый структурный уровень генетически связан с предыдущим (осередки и побочки – основа формирования разветвлений и излучин и т.д.), представляют собой последовательности, хотя в ряде случаев это может иметь и иное происхождение (внутрипойменные перехваты, реликты дельтовых разветвлений и др.). На всех уровнях разветвлений и прямолинейного русла проявляются процессы меандрирования (излучины проток и рукавов, огибающих осередки и острова, извилистость рукавов пойменно-русловых разветвлений и раздвоенных русел) и формируются острова на крыльях и в привершинных частях излучин. Развитость той или иной формы проявления русловых процессов и уровней их проявления определяются размерами рек (малых, средних, больших и крупнейших), свободными или ограниченными условиями развития русловых деформаций, шириной поймы реки и ее соотношением с шириной русла, условиями прохождения руслоформирующих расходов воды и рядом местных факторов.

Ключевые слова: дискретность, континуальность, русловые процессы, структурные уровни, излучины, разветвления, прямолинейные русла

DOI: 10.31857/S2587556623020036, EDN: KELFGA

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных теоретических положений учения о русловых процессах (русловедения) является представление о дискретности (прерывности) русловых процессов и их неразрывности (континуальности), определяемой свойствами сплошной среды (Кондратьев, 1953, 2000; Сидорчук, 1992; Чалов, 2006). Понятие “дискретность русловых процессов” было впервые введено Н.Е. Кондратьевым (1953), который выделил четыре структурные уровня развития русловых процессов: отдельные частицы наносов – микроформы (малые гряды, “покрывающие обычно все дно потока..., воспринимаемые как его шероховатость”) – мезоформы [“крупные песчаные скопления, соизмеримые с шириной русла” (Кондра-

тьев, 2000, с. 237)] – макроформы [формы самого русла и поймы: “примером может служить речная излучина с прилегающими к ней пойменными массивами” (Кондратьев, 2000, с. 238)]. Впоследствии оно стало рассматриваться как одно из главных положений гидроморфологической теории руслового процесса, развиваемой в ГГИ (Кондратьев, 1982) и как один из общих законов русловых и, в целом, эрозионно-аккумулятивных процессов (Эрозионно-русловые ..., 2017). При этом основу выделения дискретных уровней составляет различие в формах и специфике механизмов транспорта (перемещения) наносов, что соответствует представлениям о роли, наряду с самим водным потоком, стока и транспорта наносов как ведущих (активных) факторов русловых процессов. Н.С. Знаменская (1976) на основе принципа

эмерджентности указывала на одинаковые законы развития процессов на разных уровнях.

По Н.И. Маккавееву (1955), «процесс руслообразования можно определить как процесс “отображения” поверхностью твердой среды (т.е. грунтами, слагающими ложе) особенностей движения воды и *перемещаемых ею наносов*» (выделено авторами), а “формы русла можно рассматривать ... как одну из форм перемещения твердого вещества текущей водой ...” (Маккавеев, 1955). Он же рассматривал русловые процессы на четырех главных уровнях: продольный профиль реки–пойма–формы русла–перекаты, каждому из которых соответствуют свои закономерности взаимодействия потока и русла, специфика проявлений эрозии, транспорта и аккумуляции наносов, их баланс и особенности структуры потока. При этом при обосновании дискретности русловых процессов доказывалась взаимность между структурными уровнями их развития, которая позднее наиболее четко была сформулирована А.Ю. Сидорчуком (1992) как принцип континуальности. Он заключается в “непрерывности руслового потока и поля отметок дна речного потока и поля отметок дна речного русла, взаимосвязанности и взаимопереходах отдельных форм русла”.

Аналогичные теоретические подходы к рассмотрению последовательной смены русловых процессов характерны и для англоязычной литературы. Теория руслового “конвейера” (*jerky conveyor belt*) Д. Фергюсона важнейшим свойством транспорта вещества и энергии по длине русловых систем рассматривает эпизодичность в связи с временной задержкой потоков на разных уровнях при сохранении единства процесса (Ferguson, 1981). Понятие континуальности транспорта наносов [*sediment continuity* (Joyce et al., 2018)] характеризует закон сохранения массы при перемещении вещества из верхних в нижние звенья эрозионно–русловой системы (ЭРС). К. Fryirs выделил продольные, поперечные и вертикальные связи между частями эрозионно–русловой системы (соответственно склон–приток–река; горизонтальные деформации; вертикальные деформации) (Fryirs et al., 2007). В общем случае, вниз по течению снижается проявление продольных и поперечных связей и увеличивается выраженность вертикальных связей. Важным свойством дискретности указывалось сочетание эрозионных, транзитных и аккумулятивных участков по длине русловой сети (Fryirs, 2013; Fryirs et al., 2007).

Рассмотренные подходы были обобщены и объединены в единую схему структурной организации (дискретности) русловых процессов, форм их проявления и взаимодействия (континуальности) между ее уровнями (Чалов, 2006). При этом на уровне грядовых форм руслового рельефа и

продольного профиля реки дано более дробное, хотя, возможно, и неполное, выделение структурных уровней (подуровней) в каждом из них. Очевидно, что сложность и многообразие факторов, условий и форм проявления русловых процессов столь велики, что подобное деление возможно и для типов русла (излучины, разветвления, относительно прямолинейные участки), с одной стороны, и для самих русел, формируемых потоками разных размеров. Каждый основной структурный уровень русловых процессов состоит из составных частей (уровней, по отношению к общей схеме – подуровней), отличающихся по гидродинамической структуре потока, его водности, формам и механизмам транспорта и аккумуляции наносов, и, как следствие, размерам русловых форм и их динамике. Наблюдается иерархичность уровней русловых процессов разного масштаба (от системы плес–перекат с характерным масштабом >10 м до морфологически однородных участков и зон продольного профиля с характерным масштабом $>10^3$ м). Однако в отношении форм русла такой подход был осуществлен только для рек с разветвленным руслом (Чалов Р.С., Чалов С.Р., 2020). Выделялись точечные, осередковые, русловые (островные), пойменно–русловые и пойменные разветвления. Но если точечное, осередковое и русловое разветвления формируются в русле любого геоморфологического типа (врезанном и широкопойменном), то остальные присущи только свободным условиям развития русловых деформаций (широкопойменные русла). Их развитию должны в большинстве случаев соответствовать определенное соотношение между шириной днища долины (пойма + русло) и руслом реки B_d/b_p и прохождение руслоформирующего расхода воды Q_{ϕ} верхнего интервала при затоплении поймы (Чалов, 1979). Для рек с меандрирующим и относительно прямолинейным, неразветвленным руслом такой структурный подход до сих пор не применялся, хотя соответствующие ему зависимости, особенно в отношении меандрирующих русел, очевидны (Кондратьев, 1959; Маккавеев, 1955; Попов, 1965; Чалов и др., 2004). Сложнее обстоит дело с прямолинейными неразветвленными руслами, которым вообще в исследованиях морфодинамических русел почти не уделяется внимания из-за ограниченности их распространения или смещения руслового анализа на более низкий структурный уровень [таково выделение, например, ленточногрядового и побочного русел в типизации русловых процессов ГГИ (Кондратьев, 1982; Попов, 1965)].

Таким образом, целью статьи стало обоснование дискретности проявления русловых процессов на реках трех основных морфодинамических типов русла. Выявляются общие условия формирования русел разного морфодинамического типа на всех структурных уровнях в зависимости от

Тип русловых процессов	Размер реки	Параметр		Преобладание морфодинамических типов русел	
		N	b_p/h	Широкопойменные	Врезанные
Горные, полугорные и равнинные реки	Русла временных и постоянных водотоков в овражно-балочной сети	—	1 : 2–1 : 3	—	Прямолинейные, пассивно приспособленные
	↓				
	Русла ручьев	1–2	<20	Излучины	Врезанные излучины, прямолинейные
	↓				
	Русла малых рек	<10			
	↓				
	Русла средних рек	9–10 < N < 14–15	>20		
Равнинные реки	↓				
	Русла больших рек	>14–15	>100	Разветвления	Прямолинейные, разветвления
	↓				
Русла крупнейших рек					

Рис. 1. Структура русловой системы и параметры речных русел.

размеров (водоносности) рек и геолого-геоморфологических условий их формирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структурные уровни русловой сети

Дискретность русловых процессов, как и условия их развития, определяется ведущими основными факторами — стоком воды и стоком наносов. Однако последний во многом сам является производной взаимодействия потока и русла, результатом размыва потоком грунтов, слагающих берега и ложе реки. При этом особенности взаимодействия и проявления русловых процессов зависят от размеров (водоносности) рек, величина которых, в свою очередь, является причиной направленных изменений морфометрических характеристик их русел. По мере увеличения стока вниз по течению развитие получают все более морфологически сложные формы русла. Поэтому дискретность русловых процессов, количество и формы структурных уровней развития, соотношения и взаимосвязь между ними связаны с размерами (водноностью) водных потоков и, следовательно, неодинаковы на разных реках (рис. 1). На это накладывается сток наносов и его соотношение с транспортирующей способностью потоков: $W_{R+G} > W_{тр}$ или $W_{R+G} < W_{тр}$ (здесь W_{R+G} — сток взвешенных R и влекомых G наносов, $W_{тр}$ — транспортирующая способность потоков), свободные или ограниченные условия развития рус-

ловых деформаций, горный, полугорный или равнинный тип русловых процессов, устойчивость русел и влияние других факторов, по-разному проявляющихся в различных природных условиях.

Русла постоянных водотоков в овражно-балочной сети (ручьев в общепринятой терминологии) и ручьев (самых малых рек 1–2 порядков), практически лишенных наносов, являются врезанными и пассивно приспособленными к литогенной основе, определяясь составом и свойствами слагающих ее грунтов. Но уже русла малых, транспортирующих достаточное для развития русловых форм наносов, являясь широкопойменными, меандрируют, образуя очень крутые, морфологически очень сложные излучины в условиях соизмеримости (в пределах до 1 : 10) ширины b_p и глубины h потока. При этом к малым рекам относятся имеющие порядок N (по системе А. Шайдеггера в модификации Н.И. Алексеевского (1998) до 8–9, определяемой по первому перегибу кривой зависимости $b_p/h = f(N)$ (Пахомова, 2021)). Для врезанных русел малых рек формирование морфодинамического их типа зависит от геолого-геоморфологического строения бассейна и долины, создающих ограниченные условия для развития русловых деформаций.

На средних реках широкопойменные русла также меандрируют, но т.к. «интенсивность поперечной циркуляции растет с кривизной русла (т.е. обратно радиусу закругления потока), становится ясным, что чем больше водоносность (а

значит и ширина) реки, тем развитие в ней меандров идет слабее” (Великанов, 1958, с. 31). К этому следует добавить, что винтообразная поперечная циркуляция в извилистом русле наблюдается при $b_p/h < 20$, заменяясь при больших значениях лишь отклонением донных струй в направлении поперечного уклона, т.е. к выпуклому берегу. Отсюда, чем больше река, тем слабее ее меандрирование и положе изгибы русла. Уже на больших и крупнейших реках [по И.Ф. Карасеву (1975) $\frac{b_p}{h} \sqrt{\lambda} > 9.5$;

здесь $\lambda = \frac{2g}{C^2}$ – коэффициент гидравлических сопротивлений, C – коэффициент Шези] поток разбивается на несколько ветвей течения, что обуславливает при достаточном стоке наносов формирование разветвленных русел. Одновременно с увеличением размеров реки происходит сокращение соотношения B_d/b_p от 300–400 на малых реках до 3–4 на крупнейших (Маккавеев, 1955; Чернов, 1983), что является определенным условием для развития как излучин русла, так и разветвлений разного типа. На крупнейших реках (Нижняя Обь, Нижняя Волга и др.) B_d/b_p иногда намного превышает 10 (на Нижней Оби в районе впадения в нее Северной Сосьвы $B_d = 60$ км при суммарной ширине рукавов раздвоенного русла до 3 км; на Нижней Лене, водность которой больше, чем на Оби, $B_d/b_p \approx 2.5$). Границей между средними и большими реками (по модели А. Шайдеггера) по тем же перегибам кривых является $N = 14–15$; при $N > 14–15$ соотношение b_p/h резко возрастает даже при незначительном увеличении N , а сама зависимость $b_p/h = f(N)$ приобретает линейный вид.

Во врезанных руслах больших и особенно крупнейших рек ограничивающий русловые деформации геолого-геоморфологический фактор является ведущим в их развитии. Здесь имеет место преимущественное формирование прямолинейного неразветвленного русла, структурных врезанных излучин и русловых разветвлений.

На горных реках преобладают врезанные русла порожиисто-водопадные и с неразвитыми аллювиальными формами – относительно прямолинейные, с развитыми аллювиальными формами и полугорные – врезанные излучины. Во внутригорных котловинах, троговых долинах в приледниковых зонах и при выходе рек в предгорья наиболее характерны разветвленные осередкового типа, образующие в межень многочисленные протоки среди обширных аллювиальных полей, занимающих все днище долины. Эти закономерные соотношения нарушаются под воздействием селевых потоков, проходящих по руслам горных малых рек или выходящих из притоков в крупные горные реки, а также на реках со скальным руслом.

Структурные уровни развития русел разного типа и их взаимосвязи

Рассмотренные особенности преимущественного распространения русел основных морфодинамических типов на малых, в том числе самых малых – ручьях, средних, больших и крупнейших реках определяют условия развития структурных уровней разветвленности, извилистости и прямолинейности русел рек. В результате формируются вторичные русловые образования в рукавах, на излучинах и прямолинейных участках, относящиеся к уровням более высокого ранга, а также осложняющие излучины или рукава русловых разветвлений. Важнейшими факторами формирования тех или иных структурных уровней являются ширина дна долины реки и соотношение B_d/b_p , прохождение руслоформирующего расхода воды при затопленной пойме или в ее бровках, соответствие параметров форм русел водности рек и стоку наносов, направленность общих вертикальных русловых деформаций (врезание рек или направленная аккумуляция наносов, устойчивость русла и интенсивность их переформирования (горизонтальные русловые деформации)). Они определяют как формирование русла и его морфодинамическое разнообразие, так и вероятность развития форм русел.

В табл. 1 представлены основные структурные уровни формирования разветвлений (Чалов Р.С., Чалов С.Р., 2020), меандрирования и формирования относительно прямолинейных, неразветвленных русел. Самый низкий структурный уровень представлен точечными разветвлениями, излучинами динамической оси потока как следствие неустойчивости прямолинейного движения потока, которые не находят отражение в форме самого русла. Для прямолинейных русел в первом приближенном к этому уровню отнесены случайно возникающие короткие прямолинейные отрезки потока, развивающиеся в извилины динамической оси потока или ветви течения при

$$\frac{b_p}{h} \sqrt{\lambda} > 9.5.$$

Осередковые разветвления вместе с извилинами потока, огибающими побочни (побочное русло), соответствуют развитию макроформ руслового рельефа. Прямолинейные отрезки возникают в плесовых ложинах напротив побочней или в протоках возле осередков, образующих обычно пологие излучины меженного русла, вогнутость которых друг по отношению к другу имеет зеркальное отражение. Русловые (островные) разветвления, излучины русла и прямолинейные участки “вставки” между смежными излучинами (особенно на синусоидальных излучинах), звеньями сопряженных разветвлений или соседними разветвлениями любого типа, где поток собирается в едином неразветв-

Таблица 1. Структурные уровни развития русла разного морфодинамического типа

Структурный уровень	Разветвления	Излучины (меандрирование)	Относительно прямолинейные русла
I (низший)	Точечные	Извилины потока	—
II	Осередковые	Побочное русло	Плесовые лощины; прямолинейные протоки у осередков
III (основной)	Русловые (островные)	Излучины (сегментные пологие, развитые, крутые)	Прямолинейные вставки между смежными излучинами, одиночными и звеньями сопряженных разветвлений
IV	Пойменно-русловые	Сложные петлеобразные излучины, большие излучины	Прямолинейные участки вдоль ведущих коренных берегов
V (высший)	Раздвоенное русло, дельтовая пойменная многоруканность	Излучины пояса меандрирования	Прямолинейное неразветвленное широкопойменное, врезанное или адаптированное русло

ленном русле, составляют основной структурный уровень развития форм самого русла. Он определяет его морфологический облик и режим горизонтальных русловых деформаций.

Таким образом, выделяются три уровня русловых процессов. Первые два соответствуют межённому руслу и связаны с рельефом русла. Третий уровень образует формы самого русла, его морфодинамический тип. Более высокие уровни — пойменно-русловые разветвления и раздвоенное русло на многорукавных реках, сложные петлеобразные и большие излучины и излучины пояса меандрирования, свойственны только рекам с широкопойменным руслом. Прямолинейное неразветвленное русло встречается редко как в свободных (широкопойменное русло), так и в ограниченных (врезанное русло) условиях развития русловых деформаций. Оно преобладает во врезанных и адаптированных руслах, у которых, соответственно, $B_p < b_p$ или ширина поймы B_p превышает $2-3b_p$.

При прочих равных условиях количество структурных уровней, как и форм русел разного типа, зависит от размеров реки и ширины днища (пойма + русло) долины. Во врезанном русле оно всегда минимально, в широкопойменном — максимально, причем любые формы русла (излучины, разветвления, прямолинейные отрезки) осложняются формами второго или третьего порядков, создавая очень сложную морфологическую структуру русла. Во всех случаях наибольшей иерархической сложностью и разнообразием отличаются разветвления, самой простой — прямолинейные неразветвленные русел. Точечные разветвления создают морфодинамический тип русла только на горных реках. Во всех других руслах они либо единичны (на малых реках), либо проявляется только в периферических отдаленных зонах. Полный набор структурных уровней

разветвлений встречается на широкопойменных реках, а излучин — также на широкопойменных, но ограничивается большими реками. Крупнейшим рекам меандрирование вообще не свойственно, развиваясь только в рукавах раздвоенных русел и пойменно-русловых разветвлений. В русловых (островных) разветвлениях излучины, как правило, представляют собой единичные формы рукавов, огибающих острова, соответствующие шпорам излучин.

Каждому структурному уровню присущи свои гидравлическая структура потока, формы проявления, соотношения с другими типами русла и уровнями их развития, значимость в общей системе русловых деформаций, стоке руслообразующих наносов и, в конечном счете, в русловом режиме реки.

Основными структурными уровнями разветлений являются точечные, осередковые, русловые (островные), пойменно-русловые и раздвоенные русла. *Точечные разветвления* (Алексеевский, 2009; Алексеевский, Чалов, 2009; Чалов, 2007) характерны для горных рек с порожиисто-водопадным руслом или руслом с неразвитыми аллювиальными формами и для малых равнинных рек с галечно-валунным руслом, у которых размеры валунов и глыб d_{\max} превышает глубину потока в межень, и они разделяют поток на ветви течения. На средних и больших галечно-валунных реках они встречаются только в периферических частях русел, на мелководьях. К этой же категории относятся локальные выступы скал в русле, но, в отличие от образованных валунами и глыбами, отличающиеся постоянством своего положения и неизменностью форм, если только возле них не происходит аккумуляции наносов. На отдаленных частях песчаных русел точечные разветвления возникают при спаде уровней, возникая при частичном обсыхании ультрамикро- и микроформ

грядового рельефа, полностью перестраиваются потоком при их новом затоплении. Точечные разветвления существуют только в межень и исчезают в высокую воду и меняют свое положение при смещении глыб и валунов, ультрамикро- и микроформ руслового рельефа (Chalov and Alexeevsky, 2015).

Осередковые разветвления (рис. 2а) являются межненными образованиями, будучи связанными с обсыханием в межень повышенных частей гряд — мезо- и макроформ руслового рельефа. В многоводную фазу водного режима они оказываются под воздействием потока, перемещаются, деформируются, изменяют свою конфигурацию и перестают разделять поток на ветви течения. Осередки, образующиеся в процессе переформирования перекатов, существуют в течение ряда лет. Условием окончания их развития является причленение к берегу. Нередко осередки приурочены к местным расширениям русла и их положение стабильно. При слабом затоплении они обеспечивают разделение потока на ветви течения, а из-за снижения скорости потока над ними на их поверхности аккумулируются тонкие наносы, служащие субстратом для развития растительности, что способствует росту осередков в высоту (Martynov, 2020). Со временем в таких или подобных условиях осередки превращаются в элементарные острова, которые уже разделяют поток во все фазы водного режима — и в межень, и в половодье. Таким образом, возникает основной уровень *русловых (островных) разветвлений*. По мере эволюции и переформирования островов и рукавов на этом уровне возникают одиночные, сопряженные, параллельно-рукавные и прибрежные русловые (островные) разветвления (рис. 2б).

Для островов, от элементарных до больших, представляющих собой объединение нескольких (до 5–8) элементарных, характерным является соотношение их длины к максимальной ширине $L_o/B_o = 3-4$ и каплевидная форма в плане, соответствующая минимуму гидравлических сопротивлений (Тарбеева, 2004; Вакер, 1977; Комар, 1983). При определенных условиях и нарушении этого соотношения острова приобретают веретенообразную (удлиненную) или овальную форму.

Пойменно-русловые разветвления (рис. 2в-1, 2в-2) отличаются от русловых (островных) соизмеримостью водности рукавов (не менее 20%) и размерами разделяющих их островных массивов. Каждый рукав, в свою очередь, образует несколько (до 3–5) излучин или разветвлений, представляющих по отношению к ним формы 2-го порядка, или, наряду с ними, протяженные прямолинейные участки. В большинстве случаев пойменно-русловые разветвления приурочены к местам, где реки перемещаются в пределах широкого дна долины от одного ее борта к другому, пересекая пойму

по диагонали. Такие разветвления распространены на Средней Оби (между устьями Томи и Ваха, где их насчитывается 13), Выгегде, Киренге. Подобно тому как русла их рукавов формируют излучины и русловые разветвления, пойменно-русловые разветвления образуются в рукавах раздвоенных русел (Нижняя Обь) и в пределах излучин поясов меандрирование на извилистых реках (Ока, Выгегда). Иногда они формируются при слиянии больших рек (например, Оби и Томи, Амура и Буреи) и вследствие внутриводосборных перехватов пойменных ответвлений основным руслом реки при размыве пойменного перешейка между ними (Енисей в Минусинской котловине, Малая Обь — левый рукав раздвоенного русла Нижней Оби). Между рукавами пойменно-русловых разветвлений расположены островные массивы иногда очень сложной конфигурации; соотношение их длины и ширины $L_o/B_o \gg 3-4$, причем B_o по длине острова несколько раз изменяется, как в ту, так и другую сторону.

Раздвоенное русло (рис. 2г) — верхний уровень разветвленности, характеризующийся разделением реки на два самостоятельных рукава, проходящих вдоль или вблизи противоположных бортов долины, равноценные по водности — не менее 1 : 3 в узле раздвоения (Малая и Горная-Большая Обь, разветвления Нижнего Амура, Днестр и притока Турунчук) или различающихся на порядок величины (Волга и Ахтуба). Рукава имеют собственный водосбор, водный и русловой режимы и отличаются большой протяженностью, в сотни раз превышающую ширину русел. Будучи характерными для больших и крупнейших рек, они иногда встречаются на средних реках — Чарыше (Смирнова, 2002), Тууле (река в Монголии, приток Орхона). Пойменные массивы между рукавами больших и крупнейших рек (Средняя и Нижняя Обь, Нижняя Волга) расчленены многочисленными протоками (пойменной много-рукавностью). На Днестре, Чарыше и Тууле, реках, на которых руслоформирующий расход воды Q_ϕ проходит в пойменных бровках, они представляют единые консолидированные массивы. Условие формирования раздвоенных русел является аномально большая ширина поймы ($B_p \gg 10b_p$) и прохождение Q_ϕ при ее длительном и глубоком затоплении, что соответствует одновременному развитию пойменных ответвлений. Пойменные массивы между рукавами раздвоенных русел можно называть межрукавьями (Смирнова, 2002), следуя за местным на Нижней Оби термином Межобье, обозначающим пространство шириной до 60 км между Малой и Горной-Большой Обью.

Структурные уровни развития процессов меандрирования (рис. 3), соответствующие по значимости уровням разветвлений, наиболее четко выражены у побочных и извилистых (меандрирую-

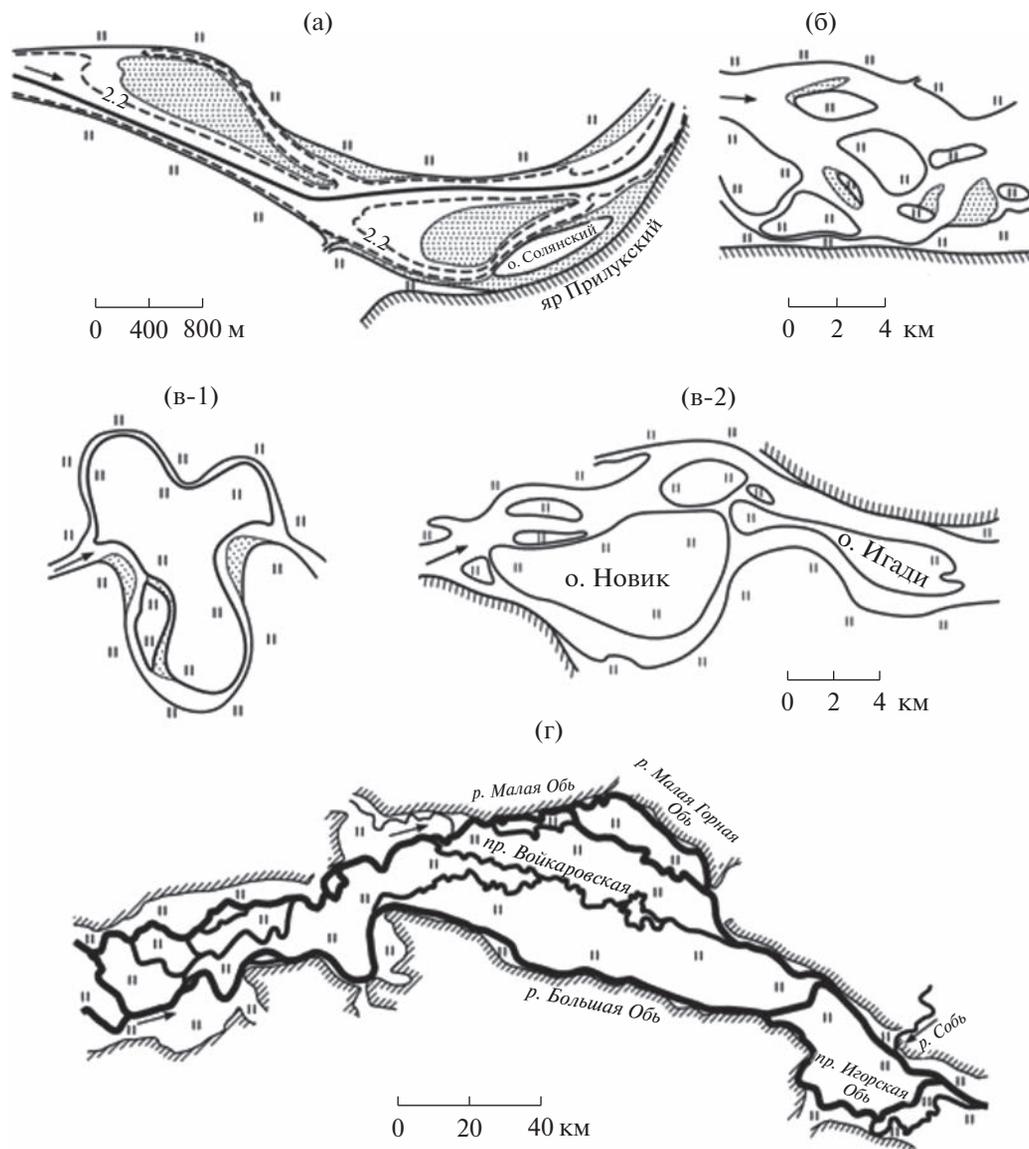


Рис. 2. Структурные уровни разветвлений речных русел: (а) осередковое (р. Иртыш); (б) русловое (островное) (р. Лена); (в-1) – пойменное-русловое на меандрирующей реке (р. Обь); (в-2) – то же на реке с разветвленным руслом (р. Киренга); (г) раздвоенное русло (р. Обь).

ших) русел. Более низкий уровень – *извилистость динамической оси потока* (аналог точечных разветвлений) – постоянно и быстро меняет свое положение и не проявляется в форме русла. Она представляет собой форму меандрирования потока, аналогичную извилистости морских течений, струйных течений в атмосфере и т.д. Их закрепление может произойти в случае накопления наносов с выпуклой стороны излучины, что приводит к трансформации извилистости потока в извилистость русла. При наличии необходимого объема перемещаемых потоком наносов первичное их скопление превращается в побочень, и со временем все русло становится *побочневым* (см. рис. 3а). В нем побочни располагаются в шахматном по-

рядке, а русло образует извилины. Процесс образования побочневого русла изучался в лабораторных условиях (Кудряшов, 1959; Шарашкина, 1959). При повышении уровней воды (увеличении стока во время половодья или паводка) побочни оказываются под водой, а извилистость потока (подобно осередковой разветвленности) перестает существовать. Побочни, как грядовые формы рельефа русла или их части, смещаются, изменяя свое положение на реке. Такое смещение побочней в относительно прямолинейном и слабоизвилистом русле было детально описано на Вычегде (Чалов, 1963) и на Пинеге (Жила, 1978). В классификации ГГИ (Кондратьев, 1982) выделен побочневый тип русловых процессов.

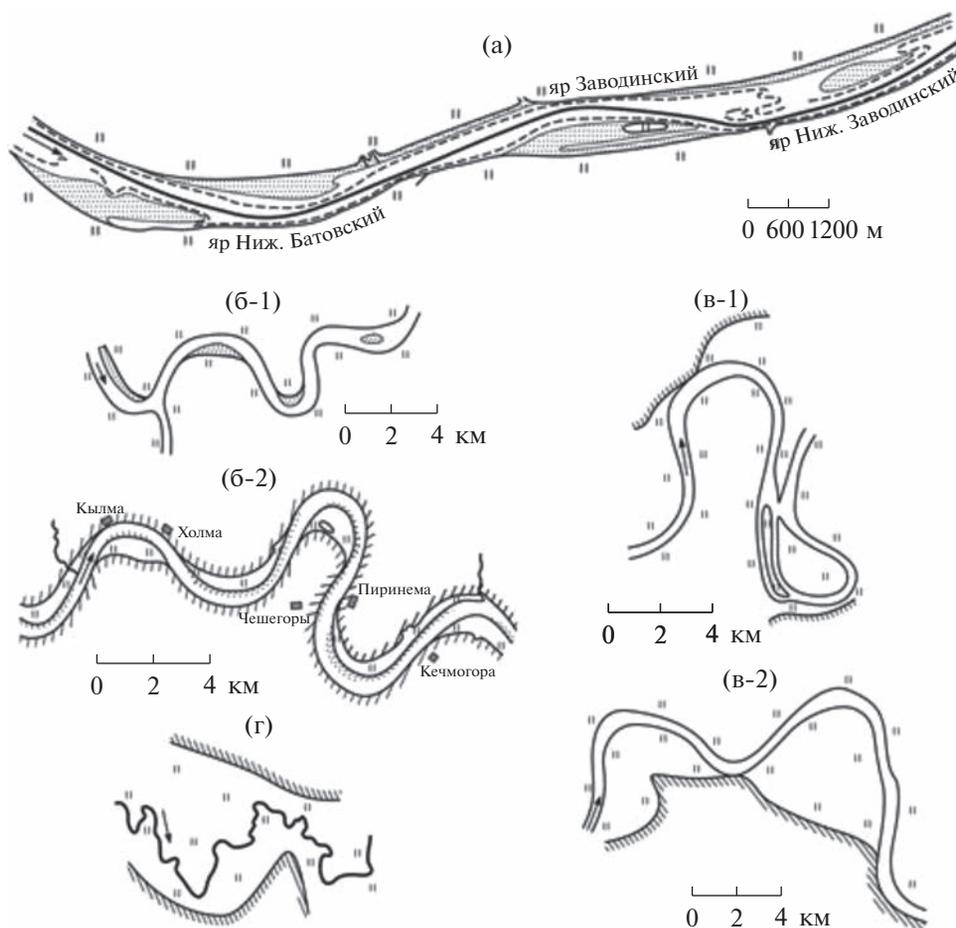


Рис. 3. Структурные уровни меандрирования русел рек: (а) побочное русло (р. Вычегда); (б-1) свободные излучины (р. Обь); (б-2) врезанные излучины (Верхняя Лена); (в-1) сложные петлеобразные излучины (р. Иртыш); (в-2) большие излучины (р. Иртыш); (г) излучина пояса меандрирования (р. Камчатка).

Закрепление побочной растительностью сопровождается накоплением на них, как и на зарастающих осередках, тонких наносов, повышением их отметок и превращением в пойменную шпору (сегмент) излучины. Это соответствует развитию излучин русла как наиболее распространенного морфодинамического типа широкопойменных русел (см. рис. 3б-1), а в условиях ограниченного развития русловых деформаций при интенсивном врезании реки – врезанных излучин (см. рис. 3б-2). Излучины формируются в рукавах пойменно-русловых разветвлений и раздвоенного русла, пойменных протоках (ответвлениях), в русловых разветвлениях практически любых морфодинамических типов.

Таким образом, меандрирование русел представляет собой всеобщий процесс, развивающийся на реках любого морфодинамического типа, определяющего переформирование как извилистых русел (излучин), так и разветвлений (рис. 4) (Чалов, 2021).

Структурный уровень меандрирования, параллельный пойменно-русловым разветвлениям, представлен разными типами. *Сложные петлеобразные излучины* (см. рис. 3в-1) являются завершающим этапом эволюции крутых излучин ($l/L > 1.7$; здесь l и L – длина и шаг излучины). Происходит образование двух новых сегментных излучин на крыльях. Исходная излучина сохраняется лишь в ее привершинной части. В таком случае формируется заваленные излучины. В ряде случаев на одном из крыльев формируются русловые разветвления. Такие излучины оказываются вытянутыми в поперечном направлении по отношению к оси долины, и река в их пределах перемещается от одного ее борта к другому. Формирование петлеобразных излучин как результат эволюции излучин и превращение побочной в излучины русла – яркий пример континуальности меандрирования на разных структурных уровнях.

Большие излучины (см. рис. 3в-2) характерны тем, что их параметры (радиусы кривизны r и шаг L) существенно превосходят соответствующие

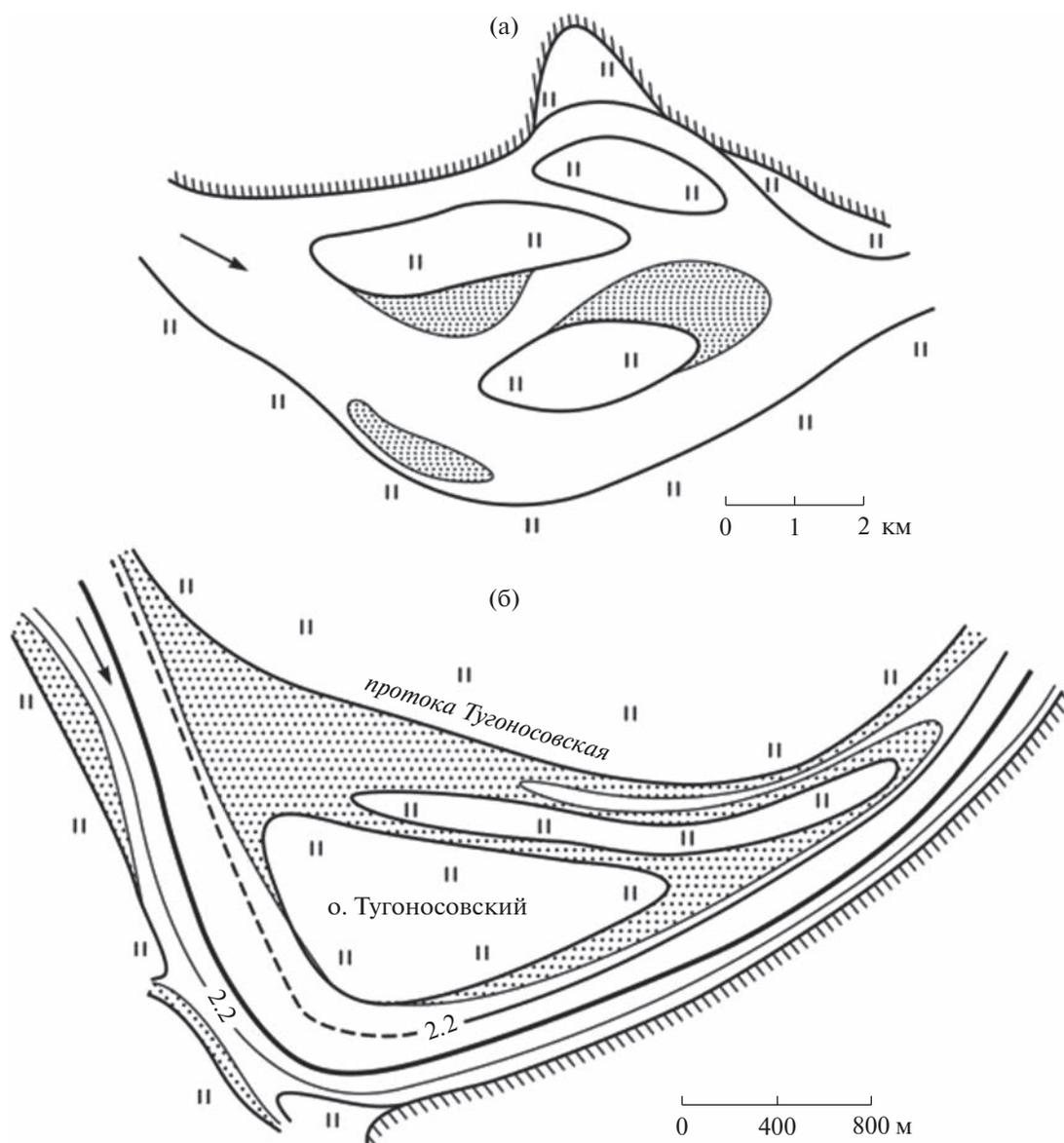


Рис. 4. Излучины рукавов сложного одиночного разветвления (а – р. Обь) и разветвление на излучине русла (б – р. Иртыш).

величине стока рек, т.е. $r(L) \gg r(L) = f(Q)$. Эти излучины имеют форму сегментных развитых ($1.4 < l/L < 1.7$) и, также как и петлеобразные и пойменно-русловые разветвления, обеспечивают перемещение русла от одного борта долины к другому (см. рис. 3в-2). Вероятно, их можно рассматривать иногда как макроизлучины, сформировавшиеся в другой гидроклиматической обстановке (Сидорчук и др., 2000; Sidorchuk, 2018) и являющиеся реликтовыми образованиями. Они характерны для Средней Вычегды, Нижнего Иртыша (ниже слияния с р. Тоболом), где наряду с развитыми здесь петлеобразными излучинами, при ширине поймы $< 10b_p$ образуют единичные формы, между которыми русло прямолинейное,

чередующееся с вынужденными и адаптированными излучинами. Вниз по течению при расширении поймы до 15–20 км они замещаются типичным меандрирующим руслом, представленным сериями (до 5–7 единиц) сегментных развитых и крутых излучин, у которых $r = f(Q)$. Большие излучины нередко встречаются в одном из рукавов пойменно-русловых разветвлений, образуя в нем один большой изгиб рукава. При этом на заходе в него и перед слиянием со вторым рукавом в нем формируются или одиночные русловые разветвления, или излучины, соответствующие его водности. Второй рукав, иногда более маловодный, меандрирует, образуя серию излучин (до 5–7), параметры которых соответствуют

его водности. Такие соотношения больших излучин одного и “нормальных” другого рукава встречаются в пойменно-русловых разветвлениях Средней Оби, рукавах раздвоенного русла Нижней Оби.

Самый высокий уровень меандрирования представлен *излучинами пояса меандрирования* (см. рис. 3г), которые образуют большие изгибы, в пределах которых река перемещается от одного борта очень широкой долины к другому. Возможно, что эти излучины пояса меандрирования в ряде случаев являются реликтовыми макроизлучинами. При снижении водности реки они формируют серии излучин с параметрами, отвечающими современному стоку реки. Подобно условиям формирования раздвоенного русла, они развиваются при соотношении $B_n/b_p \gg 10$ и чем больше этот критерий, тем морфологически четче выражены излучины пояса меандрирования. Наиболее отчетливо они прослеживаются на средних реках (Верхняя Сухона) с широкопойменным руслом, но встречаются и на больших (Средняя Обь между устьями Томи и Ваха, Нижний Дон, Ока, Средняя и Верхняя Вычегда). Однако, вопросы формирования поясов меандрирования, к сожалению, до сих пор остаются вне сферы внимания исследователей.

Сложнее обстоит дело с выделением *структурных уровней относительно прямолинейных неразветвленных русел* (рис. 5). Неустойчивость прямолинейного движения потока определяет формирование прямолинейных русел при наличии внешних факторов, способствующих закреплению прямолинейности русла (Иванов, Чалов, 1991). Самый низкий уровень прямолинейности можно выделить лишь условно из-за эфемерности и кратковременности его существования, быстрой (текущей) трансформации в извилины или разветвления динамической оси потока. Следующие уровни соответствуют последовательно плесовым лощинам, прямолинейным вставкам на излучинах, прямолинейным участкам русла вдоль ведущих коренных берегов и прямолинейному неразветвленному руслу. Плесовые лощины характерны перекатным участкам в побочном русле или прямолинейным протокам возле осередков. Прямолинейные вставки особенно часто встречаются на синусоидальных излучинах, а также на коротких участках между островами одиночных разветвлений (если они образуют морфологически однородные участки) или между звеньями сопряженных разветвлений. Само относительно прямолинейное русло может быть врезанное или адаптированное (т.е. с узкой поймой), встречаться в рукавах односторонних разветвлений, проходящих вдоль коренных ведущих берегов и имеющих большую протяженность. Очевидно, к этому же уровню относятся прямолинейные русла рек первых порядков, отличающиеся малым стоком наносов.

Взаимосвязи и взаимозависимость (континуальность) структурных уровней

Развитие русловых процессов и русел рек разного морфодинамического типа всех структурных уровней, при автономности условий их формирования, тесно взаимосвязаны. В зависимости от размеров рек, их водности и стока наносов имеет место сложное переплетение типов русла на разных уровнях. Так, рукава пойменно-русловых разветвлений и раздвоенных русел меандрируют; в сложных петлеобразных и больших излучинах русла возникают русловые (островные) разветвления; крылья крутых сегментных и синусоидальных излучин включают в себя прямолинейные “вставки” и одиночные разветвления и т.д. Развитие каждого более высокого уровня предполагает его формирование является наиболее ярким отражением континуальности (неразрывности) русловых процессов. Однако “чтобы понять надежность явления, мы должны вырвать их из всеобщей связи и рассматривать изолированно” (Энгельс, 1969, с. 218). Учет форм физической (гидромеханической) природы (взаимодействие наносонесущего потока с грунтами ложа реки) и естественных (географических) условий русловых процессов, позволяет выявить закономерности и механизмы развития, прогнозировать их эволюцию в процессе саморазвития, управлять процессами, обеспечивая их развитие в нужном для условий жизнедеятельности людей направлении. В этом проявляется диалектическое единство дискретности и континуальности русловых процессов.

На рис. 6 представлены соотношения и формы взаимосвязи между различными структурными уровнями развития разветвлений, меандрирования и формирования относительно прямолинейных неразветвленных русел. Толстыми стрелками (1 на рис. 6) показаны эволюционные ряды перехода от одного уровня к другому, в том числе диагональные, отражающие возможное преобразование меандрирующего русла в пойменно-русловое разветвление и далее в раздвоенное русло. Точечные разветвления при аккумуляции наносов возле отдельных выступов шероховатости (валунов, глыб, скал) превращаются в осередки; микроформы грядового рельефа располагаются на верховых склонах грядовых мезо- и макроформ руслового рельефа, в совокупности образующих осередки и побочни. Извилистость динамической оси потока, сопровождаемая накоплением наносов с внутренней стороны изгиба, превращается в побочное русло. Осередки и побочни, закрепляясь растительностью и увеличиваясь по высоте, представляют собой основу формирования, соответственно, русловых (островных) разветвлений и излучин русла. Побочни в ходе русловых деформаций отторгаются от берегов, превращаясь в

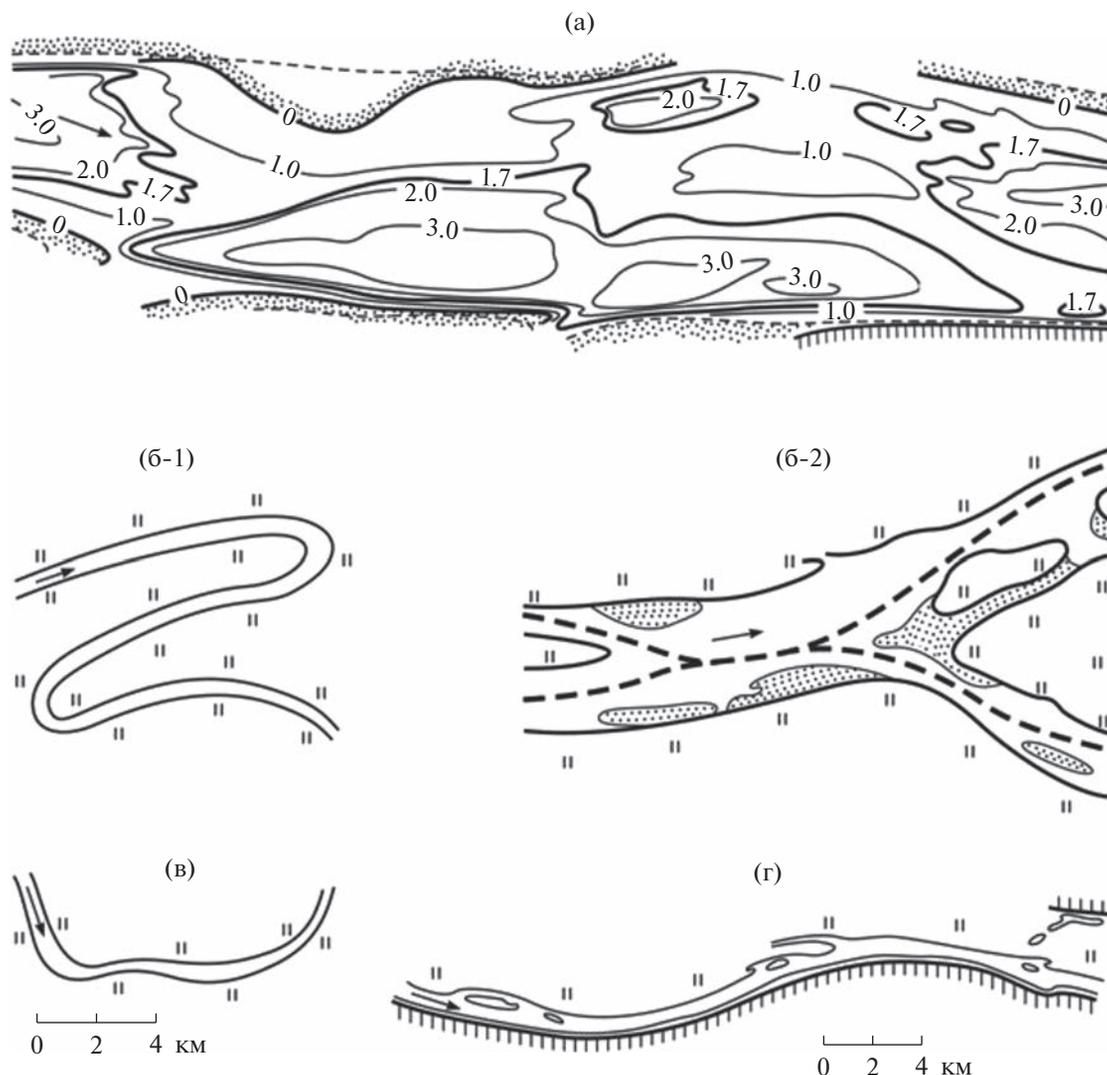


Рис. 5. Структурные уровни прямолинейных неразветвленных русел: (а) плесовая лощина между смежными перекадами (р. Вычегда); (б-1) – вставка между смежными синусоидальными излучинами (р. Днестр); (б-2) то же между звеньями сопряженных разветвление (р. Обь); (в) прямолинейный участок вдоль пойменного берега между вынужденной и адаптированной излучинами (р. Иртыш); (г) плесовой участок (р. Северная Двина).

осередки; в свою очередь, осередки приключаются к берегам (при обмелении проток) и становится побочными. Дальнейшее развитие (эволюция) русловых разветвлений приводит в широкопойменном русле к формированию пойменно-русловых разветвлений и, как квинтэссенция разветвленности – раздвоенных русел. Во врезанных руслах этого не происходит из-за ограниченных условий развития русловых деформации и направленного врезания рек (глубинной эрозии), сопровождающегося обмелением и отмиранием рукавов и сосредоточении потока в более многоводном вследствие его преимущественного из-за этого углубления. Они сохраняются только в русловых разветвлениях (например, во врезанном русле Ангары, Сухоны, Верхней Лены) при усло-

вии равнозначности водности рукавов и темпов их врезания.

На меандрирующих реках эволюция излучин приводит к формированию сложных петлеобразных форм, состоящих как минимум из трех (а по мере их развития и большего количества) сегментных излучин, что при дальнейшей эволюции может привести к формированию излучин поясов меандрирования. В отличие от разветвлений, сложные петлеобразные излучины встречаются и во врезанных руслах, образуя иногда замысловатые по форме петли. Они описаны И.С. Шукиным (1960) и Э. Мартонном (1945). При этом речь идет именно о врезанных излучинах, а не изгибах рек и речных долин типа Самарской луки на Волге, имеющих структурную геологическую природу. Эти петли,

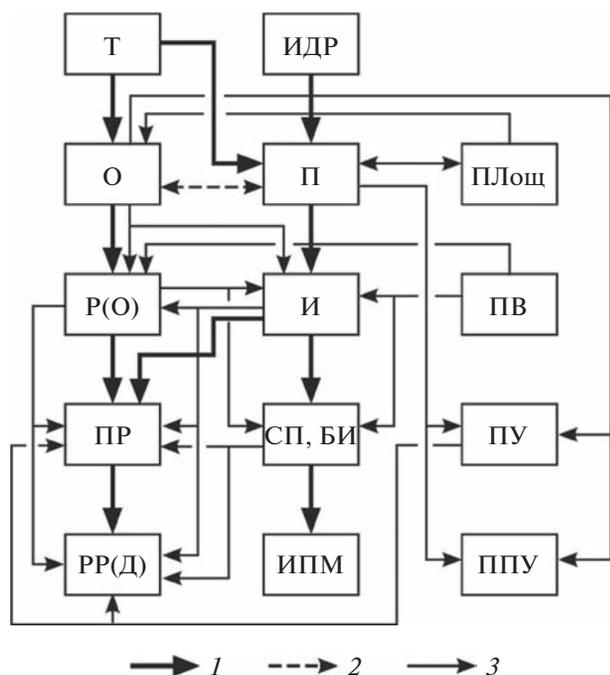


Рис. 6. Взаимосвязь между структурными уровнями русловых процессов. Разветвления: Т – точечное; О – осередковое; Р(О) – русловое (островное); ПР – пойменно-русловое; РР(Д) – раздвоенное русло (дельтовое). Меандрирование: ИДР – извилины динамической оси потока; П – побочное русло; И – излучина; СП, БИ – сложные петлеобразные, большие излучины; ИПМ – излучины пояса меандрирования. Прямолинейное неразветвленное русло: ПЛощ – плесовые ложины; ПВ – прямолинейные вставки между формами русла; ПУ – прямолинейные участки; ППУ – протяженные плесовые (перекатные) участки.
1–3 – объяснение в тексте.

как и вообще врезанные излучины, характеризуются параметрами, существенно превышающими параметры свободных излучин при той же водности реки из-за большей величины удельного максимального расхода воды и отражения в их формах наибольшей водности реки за всю историю ее геологического развития.

На реках с широкопойменным руслом пойменно-русловые разветвления, раздвоенные русла и излучины поясов меандрирования могут иметь и иной генезис: внутривпойменные перехваты русел пойменными ответвлениями и притоками, меньшими по размерам, чем главная река [таковы низовья притоков Оби – Северной Сосьвы и Кети, малой р. Уени, превратившиеся в рукава или части рукавов раздвоенного русла (Чалов, 2020; Чалов и др., 2004)], реликты бывших дельтовых разветвлений в заливах эстуарного типа [Волго-Ахтубинское раздвоенное русло, Днестр–Турунчук (Чалов, 2021) и др.]

Эволюционная последовательность в развитии структурных уровней проявления русловых процессов не характерна для прямолинейных неразветвленных русел. Они представляют собой участки русла разной длины между морфологическими элементами перекатов (плесовые ложины в осередковом или побочном русле), прямолинейные вставки между смежными излучинами, звеньями сопряженных разветвлений, островами одиночных разветвлений или протяженные плесовые (перекатные) участки широкопойменного русла, расположенные вдоль коренных берегов и врезанного русла, следующего вдоль геологических структур. Такое положение этого типа русла объясняется неустойчивостью прямолинейного движения потока и естественной трансформацией прямолинейных русел в извилистые или разветвленные. Для сохранения прямолинейности требуются особые факторы (наличие ведущего коренного берега и др.).

Проявление континуальности русловых процессов связано с всеобщностью процесса меандрирования, сказывающегося в образовании пологой излучин проток возле осередков, рукавов, огибающих острова, развитии излучин рукавов пойменно-русловых разветвлений и раздвоенных русел, в которых они составляют основной морфодинамический тип русел (Чалов, 2021). Оно также проявляется при образовании островов и развитии разветвлений на излучинах меандрирующего русла, на крыльях и в привершинных частях, при спрямлении излучин, достигших критических величин параметров (соотношение радиусов кривизны r и шириной русла b_p , степени развитости l/L т.д.). На рис. 6 эти соотношения показаны тонкими стрелками (2). Наконец, формирование пойменно-русловых разветвлений на меандрирующих реках, в основном средних и больших, при меандрировании их рукавов (пунктирная стрелка 2 на рис. 6 между меандрирующими руслами и пойменно-русловыми разветвлениями) также является примером континуальности. Обычно такие связи меандрирования и разветвлений встречаются на широкопойменных меандрирующих реках на участках, где река перемещается от одного борта долины к другому и имеет место несовпадение направлений меженного и поводного, затопившего пойму потоков (Средняя Обь, Вычегда).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дискретность русловых процессов проявляется в формировании русел разного морфодинамического типа на пяти основных структурных уровнях. Разветвление русла развивается на точечном, осередковом, русловом (островном), пойменно-русловом уровнях и формировании раздвоенных русел (верхний структурный уровень). Последние

два присущи рекам с широкопойменным руслом (свободным условиями развития русловых деформаций). Для раздвоенных русел требуется соотношение $B_n/b_p > 10$. На реках с врезанным руслом (ограниченные условия развития русловых деформаций) они не образуются из-за отсутствия или малой ширины поймы.

Структурными уровнями меандрирования являются извилины динамической оси потока, не проявляющиеся в форме русла, побочные, извилистые (сегментные пологие, развитие и крутые излучины), сложные петлеобразные и большие излучины, излучины поясов меандрирования русла. Из них только последние не могут возникать на реках с врезанным руслом.

Исключение представляет собой относительно прямолинейное неразветвленное русло. Из-за неустойчивости прямолинейного движения потока структурные уровни развития этого типа русла выделяются по размерам соответствующих участков в виде плесовых ложин как элементов перекатов (осередковое и побочное русло), вставок на крыльях развитых излучин и между сопряженными разветвлениями или одиночными разветвлениями. Их характерным типом являются плесовые (перекатные) протяженные участки вдоль выровненных в плане ведущих коренных берегов и во врезанном русле, наследующем геологические структуры.

Все структурные уровни, в основном разветвлений и меандрирования, имеют между собой в пределах каждого типа русел эволюционные связи, обуславливающие непрерывность (континуальность) их формирования. Меандрирование как процесс развития русел проявляется в рукавах всех разветвлений – осередковых, русловых (островных) и в виде извилистости рукавов пойменно-русловых разветвлений и раздвоенных русел. На излучинах русла формируются одиночные разветвления, возникают острова в привершинных их частях и на крыльях, вызывая рассредоточение стока, что в свою очередь, сказывается на параметрах излучин.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено по планам НИР (ГЗ) кафедры гидрологии суши и научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева (исходные материалы) и при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-17-00086П – данные по разветвленным руслам). Натурные данные и обобщение – при поддержке проекта РФФИ 21-17-00181.

FUNDING

The study is supported by Governmental Research subject of Hydrology department and Makkaveev soil erosion and fluvial processes laboratory of MSU and under Russian

Science Foundations projects (no. 18-17-00086П—field works at braided rivers, no. 21-17-00181—data on Lower Lena River).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И.* Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 203 с.
- Алексеевский Н.И., Чалов Р.С.* Гидрологические функции разветвленного русла. М.: Географ. ф-тет МГУ, 2009. 240 с.
- Великанов М.А.* Русловой процесс. М.: Госфизматиздат, 1958. 395 с.
- Жила И.М.* Натурные исследования побочного типа руслового процесса // Сб. работ по гидрологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. № 14. С. 28–37.
- Знаменская Н.С.* Донные наносы и русловые процессы. Л.: Гидрометеоиздат, 1976. 192 с.
- Иванов В.В., Чалов Р.С.* Прямолинейные неразветвленные русла как морфодинамический тип // Геоморфология. 1991. № 2. С. 67–73.
- Карасев И.Ф.* Русловые процессы при переброске стока. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 288 с.
- Кондратьев Н.Е.* О дискретности русловых процессов // Проблема русловых процессов. Л.: Гидрометеоиздат, 1953. С. 34–42.
- Кондратьев Н.Е.* Русловые процессы и деформации берегов водохранилищ. СПб.: Знак, 2000. 258 с.
- Кондратьев Н.Е., Ляпин Н.Н., Попов И.В., Пиньковский С.И., Федоров Н.Н., Якунин И.И.* Русловой процесс. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. 372 с.
- Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Смищенко Б.Ф.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеоиздат, 1982. 272 с.
- Кудряшов А.Ф.* Воспроизведение русла побочного типа в лабораторных условиях // Тр. ГГИ. 1959. Вып. 69. С. 102–130.
- Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
- Мартонн Э.* Основы физической географии. Т. 2. Геоморфология. М.: Учпедгиз, 1945. 556 с.
- Пахомова О.М.* Гидролого-морфологические характеристики и порядковая структура речной сети: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 28 с.
- Попов И.В.* Деформации речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеоиздат, 1965. 328 с.
- Сидорчук А.Ю.* Структура рельефа речного русла. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 128 с.
- Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Чернов А.В., Борисова О.К., Ковалюх Н.А.* Сток воды и морфология русел рек Русской равнины в поздневалдайское время и в голоцене (по данным палеоруслового анализа) // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. Вып. 12. С. 196–231.
- Смирнова В.Г.* Гидролого-морфологический анализ разветвленных русел рек Алтайского региона: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск: ИГ СО РАН, 2002. 20 с.
- Тарбеева А.М.* Формирование и эволюция островов в русле Оби // Эрозионные, русловые процессы и

- проблема гидроэкологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. С. 202–208.
- Чалов Р.С. Динамика перекаатов и ее количественные характеристики // Вопросы географии. М.: Географгиз, 1963. № 63. С. 100–111.
- Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. 232 с.
- Чалов Р.С. Дискретные и континуальные проявления русловых процессов в морфологии и динамике речных русел // Геоморфология. 2006. № 4. С. 22–31.
- Чалов Р.С., Завадский А.С., Камышев А.А., Куракова А.А., Михайлова Н.М., Рулева С.Н. Раздвоенное русло и пойменная многоруканность Нижней Оби: русловая сеть, рассредоточение стока и морфодинамика рукавов // Маккавеевские чтения – 2020. М.: Географ. ф-тет МГУ, 2021. С. 63–71.
- Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 371 с.
- Чалов Р.С., Чалов С.Р. Структурные уровни и морфодинамическая классификация русловых разветвлений // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 3. С. 259–271.
- Чалов Р.С. Трансформация разветвленных русел рек: факторы, условия, причины // Геоморфология. 2020. № 4. С. 15–33.
- Чалов Р.С. Извилистость или разветвленность потоков и формирование меандрирующих и разветвленных на рукава речных русел // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2021. № 3. С. 3–12.
- Чалов Р.С. Раздвоенные русла, их место в морфодинамической классификации, условия формирования и встречаемость // Тридцать третья пленар. межвуз. координац. совещ. по проблемам эрозионных, русловых и устьевых процессов. Ижевск: ИД “Удмурт. ун-т”, 2021. С. 154–156.
- Чалов С.Р. Гидрологические функции разветвленного русла: Автореф. дис. ... канд географ. наук. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 25 с.
- Чернов А.В. Геоморфология пойм равнинных рек. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 198 с.
- Шарашкина Н.С. Роль грядообразного движения наносов в формировании речных русел // Гидравлика сооружений и динамика речных русел. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 212–223.
- Шукин И.С. Общая морфология суши. М.–Л.–Новосибирск: ОНТИ, 1933. Т. 1. 366 с.
- Шукин И.С. Общая геоморфология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. Т. 1. 616 с.
- Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Госполитиздат, 1969. 260 с.
- Эрозионно-русловые системы. М.: ИНФРА-М, 2017. 702 с.
- Baker V.R. Stream – channel response to floods, with examples from Central Texas // Geol. Soc. Am. Bull. 1977. Vol. 88. № 8. P. 1057–1071.
- Chalov S., Alexeevsky N.I. Braided rivers: structure, types and hydrological effects // Hydrol. Resur. 2015. Vol. 46. № 2. P. 258–275.
- Ferguson R.I. Channel form and channel changes (Britain) // British rivers. 1981. P. 90–125.
- Fryirs K. (Dis)connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the sediment delivery problem // Earth Surface Processes and Landforms. 2013. Vol. 38. № 1. P. 30–46.
- Fryirs K.A., Brierley G.J., Preston N.J., Kasai M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades // Catena. 2007. Vol. 70. № 1. P. 30–46.
- Joyce H.M., Hardy R.J., Warburton J., Large A.R.G. Sediment continuity through the upland sediment cascade: geomorphic response of an upland river to an extreme flood event // Geomorphology. 2018.
- Komar P.D. Shaper of streamline island on the Earth and Marth: Experiments and analyses of the minimum drag form // Geology. 1983. № 11. P. 651–654.
- Martynov A.V. Influence of The Large Flood on The Element Composition of Fluvisols in The Amur River Valley // Geogr., Environ., Sustainability. 2020. Vol. 13. № 2. P. 52–64.
- Sidorchuk A.Yu. The fluvial system on the East European plain: sediment source and sink // Geogr., Environ., Sustainability. 2018. Vol. 11. № 3. P. 5–20.

Channel Processes Disconnectivity in Rivers Hydromorphology

R. S. Chalov^{1, *} and S. R. Chalov¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: rschalov@mail.ru

The present paper deals with five main structural levels of channel processes and channel patterns due to disconnectivity of fluvial processes. River braiding is related to existence of point, bar, channel (island), anabranching and large distributary channels (located in the deltas of large and largest rivers). Meandering is related to sinuosity of the flow and formation of complex loop and large meanders, the dimensions of which are larger than those corresponding to the water content of the river, and the meanders of the meandering belts. Due to the instability of the straight flow, the structural levels of the straight single channel are distinguished by their size: pool hollows on the riffles, reaches between adjacent bends and segments of braided channel, sections between single branches and stretched stretch areas along the bedrock banks or in the incised channel. Each structural level is related to the previous one forming scaling sequence (middle and side channels are the basis for the formation of branches and bends, etc.), representing genetic series, although in some cases they may have a different origin (intra-floodplain intercepts, relics of delta branches, etc.). The

meandering process happens over various scales in both braided and straight channels. The formation of structural levels is governed by river size, geology, effective discharges and local drivers.

Keywords: discontinuity, continuity, channel processes, structural levels, meanders, braided channels, straight channels

REFERENCES

- Alexeevsky N.I., Chalov S.R. *Gidrologicheskie funktsii razvetvlennoogo rusla* [Hydrological Functions of a Branched Channel]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2009. 240 p.
- Alexeevsky N.I. *Formirovanie i dvizhenie rechnykh nanosov* [Formation and Movement of River Sediments]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1998. 203 p.
- Baker V.R. Stream – channel response to floods, with examples from Central Texas. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1977, vol. 88, no. 8, pp. 1057–1071.
- Chalov R.S., Zavadskii A.S., Kamyshev A.A., Kurakova A.A., Mikhailova N.V., Ruleva S.N. *Razdvoennoe ruslo i poimennaya mnogorukavnost' nizhnei Obi: ruslovaya set; rassredotochenie stoka i mirfodinamika rukavov* [Branched Channel and Numerous Branches of the Lower Ob: Channel Network, Dispersion of Flow, and Morphodynamics of Branches]. Makkaevskie chteniya – 2020, Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2021. 6371 p.
- Chalov R.S. Dynamics of Rifts and Its Quantitative Characteristics. In *Voprosy Geografii* [Problems of Geography]. Vol. 63., Moscow: Geografiz, 1963, pp. 100–111. (In Russ.).
- Chalov R.S. Bifurcated channels, their place in morphodynamic classification, conditions of formation and occurrence. In *Tridtsat' tpe'e plenarnoe mezhdvuz. soveshch. po problemam erozionnykh, ruslovykh u ustevykh protsessov* [Thirty-Sixth Plenary Interuniversity Meeting on the Problems of Erosion, Channel and Estuary Processes]. Izhevsk: ID Udmurt. Un-t, 2001, pp. 154–156. (In Russ.).
- Chalov R.S. *Geograficheskie issledovaniya ruslovykh protsessov* [Geographical Studies of Channel Processes]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1979. 232 p.
- Chalov R.S. Discrete and Continuum Manifestations of Channel Processes in the Morphology and Dynamics of River Channels. *Geomorfol.*, 2006, no. 4, pp. 22–31. (In Russ.).
- Chalov R.S. Transformation of branched river channels: factors, conditions, causes. *Geomorfol.*, 2020, no. 4, pp. 15–33. (In Russ.).
- Chalov R.S. Sinuous or braiding Water flows and formation of meandering and braided river channel. *Vest. Mosk. Univ. Ser. S. Geogr.*, 2021, no. 3, pp. 3–12. (In Russ.).
- Chalov R.S., Chalov S.R. Structural levels and morphodynamic classification of channel braiding. *Water Resur.*, 2020, vol. 47, no. 3, pp. 374–386. (In Russ.).
- Chalov R.S., Zavadskii A.S., Panin A.V. *Rechnye izluchiny* [River Meanders]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2004. 371 p.
- Chalov S.R. Hydrological Functions of a Branched Channel. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2007. 25 p.
- Chalov S., Alexeevsky N.I. Braided rivers: structure, types and hydrological effects. *Hydrol. Resur.*, 2015, vol. 46, no. 2, pp. 258–275. (In Russ.). <https://doi.org/10.2166/nh.2013.023>
- Chernov A.V. *Geomorfologiya poim ravninnykh rek* [Geomorphology of Floodplains of Plain Rivers]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1983. 198 p.
- Engels F. *Dialektika prirody* [The Dialectic of Nature]. Moscow: Gospolitizdat, 1969. 260 p.
- Eroziionno-ruslovye sistemy* [Fluvial Systems]. Moscow: IN-FRA-M, 2017. 702 p.
- Ferguson R.I. Channel form and channel changes (Britain). *Br. Rivers*, 1981, pp. 90–125.
- Fryirs K. (Dis)connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surf. Proc. Land.*, 2013, vol. 38, no. 1, pp. 30–46.
- Fryirs K.A., Brierley G.J., Preston N.J., Kasai M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, 2007, pp. 30–46.
- Ivanov V.V., Chalov R.S. Rectilinear unbranched channels as a morphodynamic type. *Geomorphology*, 1991, no. 2, pp. 67–73. (In Russ.).
- Joyce H.M., Hardy R.J., Warburton J., Large A.R.G. Sediment continuity through the upland sediment cascade: geomorphic response of an upland river to an extreme flood event. *Geomorphology*, 2018.
- Karasev I.F. *Ruslovye protsessy pri perebroske stoka* [Channel Processes in the Course of Water Diversion]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1975. 288 p.
- Komar P.D. Shaper of streamlined island on the Earth and Marth: Experiments and analyses of the minimum-drag form. *Geol.*, 1983, no. 11, pp. 651–654. (In Russ.).
- Kondratev N.E. On the discreteness of channel processes. In *Problema ruslovykh protsessov* [The Problem of Riverbed Processes]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1953, pp. 34–42. (In Russ.).
- Kondratev N.E. *Ruslovye protsessy i deformatsii beregov vodokhranilishch* [Channel Processes and Deformations of Reservoir's Banks]. St. Petersburg: Znak Publ., 2000. 258 p.
- Kondratev N.E., Lyapin A.N., Popov I.V., Pinkovskii S.I., Fedorov N.N., Yakunin I.I. *Ruslovoi protsess* [Channel Process]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1959. 272 p.
- Kondratev N.E., Popov I.V., Snishchenko B.F. *Osnovy gidromorfologicheskoi teorii ruslovykh protsessov* [Fundamentals of the Hydromorphological Theory of Channel Processes]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1982. 272 p.
- Kudryaschov A.F. Reproduction of a problem channel in the laboratory. *Tr. GGI*, 1959, vol. 69, pp. 102–130. (In Russ.).

- Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* [River Channel and Erosion in the River Basin]. Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1955. 347 p.
- Martonn E. *Osnovy fizicheskoi geografii. Vol. 2. Morfologiya* [Basics of Physical Geography. Issue 2. Morphology]. Moscow: Uchpedgiz, 1945. 556 p.
- Martynov A.V. Influence of the Large Flood on the Element Composition of Fluvisols in the Amur River Valley. *Geogr., Environ., Sustainability*, 2020, vol. 13, no. 2, pp. 52–64.
- Pahomova O.M. Hydrological and Morphodynamic Characteristics of River Channels and the Order Structure of the River Network. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2001. 28 p.
- Попов I.V. *Deformatsii rechnykh rusel i gidrotekhnicheskoe stroitelstvo* [River Channel Deformations and Hydraulic Engineering]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1965. 328 p.
- Shcharashchkina K.S. The role of hydroforming sediment movement in the formation of river channels. In *Gidravlika sooruzhenii i dinamika rechnykh rusel* [Hydraulics of Constructions and Dynamics of Riverbeds]. Moscow: Publ. AN SSSR, 1959, pp. 212–223. (In Russ.).
- Shchukin I.S. *Obshchaya morfologiya sushchi. Vol. 1* [General Morphology of Land. Vol. 1]. Moscow–Leningrad–Novosibirsk: ONTI, 1933. 336 p.
- Shchukin I.S. *Obshchaya geomorfologiya. Vol. 1* [General Geomorphology. Vol. 1]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1960. 616 p.
- Sidorchuk A.Yu. *Struktura rel'efa rechnogo rusla* [Relief Structure of the River Bed]. St. Petersburg: Girometeoizdat, 1992. 128 p.
- Sidorchuk A.Yu. The fluvial system on the East European plain: sediment source and sink. *Geogr., Environ., Sustainability*, 2018, vol. 11, no. 3, pp. 5–20.
- Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., Chernov A.V., Borisova O.K., Kovalyuh N.N. *Stok vody i morfologiya rusel rek Russkoi ravniny v pozdnevaldaiskie vremena i v golotsene (po dannym paleoruslovogo analiza)* [Water Flow and Channel Morphology of Rivers of the Russian Plain in the Late Valdai and Holocene (Based on Paleochannel Analysis)]. In *Eroziya pochv i ruslovye protsessy* [Soil Erosion and Riverbed Processes]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2000, no. 12, pp. 196–231. (In Russ.).
- Smirnova V.G. Hydrologic and Morphological Analysis of Branching River Channels in Altai Region. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Irkutsk: Inst. Geogr. SO RAN, 2002. 20 p.
- Tarbeeveva A.M. Formation and Evolution of Islands in the Ob Channel. In *Eroziionnye ruslovye protsessy i problemy gidroekologii* [Erosion, Riverbed Processes and Problems of Hydroecology]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2004, pp. 202–208. (In Russ.).
- Velikanov M.A. *Ruslovoi protsess* [Channel Processes]. Moscow: Gosfizmatizdat, 1958. 395 p.
- Zhila I.M. In-situ Studies of a Side Type of Channel Process. In *Sb. rabot po gidrologii* [Collection of Works on Hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1978, no. 14, pp. 28–37. (In Russ.).
- Znamenskaya N.S. *Donnye nanosy i ruslovoi protsess* [Bottom Sediment and Channel Process]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1976. 192 p.

ТРАНСГРАНИЧНЫЙ ВОДООБМЕН В БАССЕЙНЕ ДОНА

© 2023 г. С. В. Долгов^{a, *}, Н. И. Коронкевич^{a, **}, Ю. Ю. Алентьев^{a, ***}

^aИнститут географии РАН, Москва, Россия

*e-mail: svdolgov1978@yandex.ru

**e-mail: koronkevich@igras.ru

***e-mail: alentev49@mail.ru

Поступила в редакцию 14.07.2022 г.

После доработки 23.11.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

Рассмотрены разные виды водообмена через государственные (по состоянию на конец февраля 2022 г.), административные и природные границы в бассейне Дона. Приведены показатели атмосферного влагопереноса и ветрового перемещения снега, водного стока через границы лесостепной и степной зон и границы отдельных ландшафтов. Большая часть воды переносится через все границы в атмосфере. Речной сток составляет лишь 4% от величины атмосферного переноса влаги. Из лесостепи к границам степной зоны притекает 42% общего годового стока, 39% стока половодья и 55–65% минимального стока летне-осенней и зимней межени. Определен обмен речной водой между отдельными субъектами РФ в российской части донского бассейна. Наблюдается значительное улучшение водообеспеченности регионов с учетом транзитного стока. Рассмотрен перенос с водой химических веществ. Выявлены особенности формирования диффузного стока биогенных элементов в разных ландшафтах. Приведены результаты сравнительного анализа динамики содержания загрязняющих веществ в составе сточных вод Ростовской, Воронежской и Липецкой областей за период 1995–2018 гг. Дана оценка воздействия местных и транзитных сточных вод на качество водных ресурсов Ростовской области. Выявлены особенности трансграничного водообмена в связи с произошедшими за последние десятилетия изменениями климата и хозяйственной деятельности. В основном вследствие климатических изменений речной сток на Нижнем Дону значительно сократился – в среднем на 20%. Роль поверхностной составляющей стока в перемещении воды вместе с загрязняющими веществами через административные и природные границы существенно снизилась, а роль подземной составляющей, напротив, возросла. Предложены пути решения основных проблем, обусловленных трансграничным водообменом.

Ключевые слова: бассейн Дона, административные и природные границы, водообмен, количество и качество водных ресурсов, климатические и антропогенные факторы, изменения

DOI: 10.31857/S2587556623020048, EDN: KESAHY

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблемы трансграничного водообмена и содержащихся при этом в воде загрязняющих веществ приобретают все большую остроту по мере роста антропогенной нагрузки на водные ресурсы. Рассмотрение трансграничного водообмена весьма важно как для выявления генезиса сложившейся в отдельной стране (регионе, районе) гидроэкологической ситуации, так и для выделения своей доли водных ресурсов и определения платы за загрязнение воды.

Обычно рассматриваются проблемы, связанные с межгосударственным речным водообменом. Но не менее актуальными могут быть, как показано в статье (Коронкевич и др., 2021), проблемы обмена водой и содержащимися в ней химическими веществами между административными выделами внут-

ри страны, а также между отдельными ландшафтами. Причем обмен осуществляется не только в виде речного стока, но и атмосферного переноса влаги, снегопереноса, склонового стока и т.д. В данной статье такое расширенное понимание трансграничного водообмена применено к бассейну Дона. Ее авторами особое внимание уделено недостаточно изученным особенностям трансграничного водообмена в связи с произошедшими за последние десятилетия изменениями климата и хозяйственной деятельностью.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По состоянию на конец февраля 2022 г. бассейн Дона площадью 422 тыс. км² расположен в Российской Федерации (369 тыс. км², или 87.4%

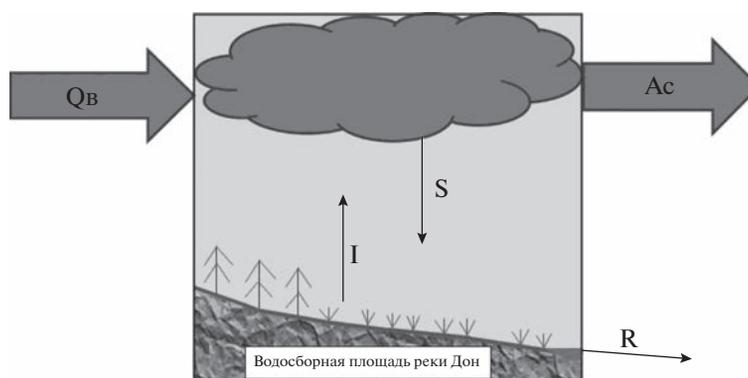


Рис. 1. Схема водообмена в бассейне Дона. Q_v – водяной пар, поступающий извне; S – осадки внешнего происхождения и местные; I – испарение; R – речной сток; A_c – атмосферная влага, покидающая бассейн Дона.

площади) и на Украине, в Луганской народной республике (ЛНР) и Донецкой народной республике (ДНР) (общей площадью 53.0 тыс. км² или 12.6%)¹. На территории донского бассейна в указанный период находилось 15 субъектов РФ. Дон протекает по трем почвенно-географическим зонам: лесостепной с оподзоленными, выщелоченными и типичными черноземами, степной с обыкновенными и южными черноземами и сухостепной с темно-каштановыми и каштановыми почвами.

Среднегодовое количество осадков уменьшается с северо-запада на юго-восток от 600 до 350 мм. Для рек характерно хорошо выраженное весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межень. По состоянию на начало 1960-х годов средний многолетний сток Дона в устье составлял 29.5 км³/год (в створе ст. Раздорская – 27.5 км³/год) (Водные ресурсы и водный ..., 1967). Средняя многолетняя величина стока Дона в устье составляет 28.1 км³/год (Водные ресурсы и водное ..., 2007–2018). По данным Водного кадастра (Ресурсы ..., 2001–2019) в среднем за 1930–1980 гг. сток Дона у ст. Раздорская – 25.3 км³/год. Согласно монографии (Водные ресурсы России ..., 2008) водные ресурсы бассейна Дона за 1930–2005 гг. составили в среднем 26.8 км³/год, что меньше на 4.6% относительно нормы (28.1 км³/год), опубликованной в (Водные ресурсы СССР ..., 1987).

В качестве исходной информации использовались данные многолетних наблюдений Росгидромета, а также сведения из различных литературных источников и статистических справочников (Водные ресурсы и водное ..., 2007–2018; Водные ресурсы и водный ..., 1967; Водные ресурсы России ..., 2008; Государственный ..., 2019; Научно-прикладной ..., 2020; Ресурсы ..., 2001–2019).

¹ Согласно Федеральному конституционному закону от 4 октября 2022 г. № 6 ДНР и ЛНР вошли в состав РФ.

Исследование выполнено на основе методических подходов, предложенных в работе (Коронкевич и др., 2021), и географо-гидрологического обобщения опубликованных данных о водном стоке, химическом составе сточных вод, результатов гидрохимического обследования почв, выполненного Институтом географии РАН (ИГ РАН) и Институтом биохимической физики РАН (ИБХФ РАН).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Атмосферный перенос влаги

Наиболее полно вопросы, связанные с влагопереносом над территорией СССР и России в целом и наиболее крупных регионов, рассмотрены в работах Г.П. Калинина (1968), Л.П. Кузнецовой (1978), (Водные ресурсы России ..., 2008).

Нами по данным, приведенным в вышеперечисленных работах, были выполнены расчеты и составлена усредненная схема атмосферного влагопереноса над водосборной площадью Дона за год в целом (рис. 1). Для ориентировочной оценки использовались средние многолетние данные, приведенные в работе ГГИ (Водные ресурсы России ..., 2008) для западной части РФ. Поскольку в основных чертах особенности влагопереноса в атмосфере над бассейном Дона такие же, как на большей части Западного региона России, то из этих данных следует, что соотношение между атмосферными осадками и влагой, циркулирующей в атмосфере, составляет 0.37. Поскольку в динамике годовых осадков за период 1976–2015 гг. в бассейне Дона статистически значимого изменения не установлено (Джамалов и др., 2017), то для расчетов принята их норма 240 км³/год, приведенная в монографии (Водные ресурсы и водный ..., 1967). Тогда количество атмосферной влаги, поступающей на водосборную площадь Дона (Q_v), составляет 649 км³/год. Этот объем влаги суммирует ат-

мосферный влагоперенос разных направлений, причем преобладает, особенно осенью, западное и северо-западное направление переноса влаги (Кузнецова, 1978). Поступившая влага (Q_v) расходуется на выпадение в виде атмосферных осадков (S) $240 \text{ км}^3/\text{год}$, из которых в атмосферу за вычетом речного стока (R) $26.8 \text{ км}^3/\text{год}$ возвращается в процессе испарения (I) $213 \text{ км}^3/\text{год}$. Количество атмосферной влаги, покинувшей бассейн Дона (Ac), составляет $622 \text{ км}^3/\text{год}$.

Расчеты показали, что атмосферный влагоперенос через границы бассейна Дона значительно превосходит речной водообмен. Речной сток составляет лишь 4% от величины атмосферного переноса влаги.

Ветровой перенос снега

Ветровой перенос снега как через природные, так и через административные границы на несколько порядков меньше атмосферного переноса (Коронкевич и др., 2021). На открытых пространствах европейской части России, в том числе в бассейне Дона, предельная дальность метелевого переноса снега составляет 1.5–2 км (Котляков, 1994). Однако ветровой перенос снега – весьма существенный фактор локального формирования стока во время весеннего половодья. В результате ветрового переноса снега в лесостепных и степных районах донского бассейна его запасы на плакорах и склонах к началу весеннего половодья в 2–3 раза меньше, чем в оврагах и балках, где снег накапливается, и коэффициент стока выше, чем на прилегающих склонах.

Водный сток через границы лесостепной и степной зон

По сравнению с бассейном Волги, значительная часть которого находится в лесной зоне, условия формирования стока в донском бассейне не

столь благоприятные. Здесь преобладают ландшафты с гораздо меньшим увлажнением атмосферными осадками.

По данным, приведенным в (Научно-прикладной ..., 2020), нами выполнены расчеты площадей, занимаемых отдельными природными зонами, и стока, формирующегося в их пределах. В основном водосборная площадь Дона занята типичной и южной степью (в сумме 76%), на лесостепь и полупустыню приходится соответственно 23 и 1% (табл. 1). Несмотря на меньшую площадь, лесостепная зона играет весьма существенную гидроэкологическую роль, особенно в миграции загрязняющих веществ. Из лесостепи к границам степной зоны притекает 42% общего годового стока, 39% стока половодья и 55–65% межennaleго стока (преимущественно подземного).

Речной водообмен через границу России

Приток донских речных вод на территорию России через государственную границу согласно монографии (Водные ресурсы и водный ..., 1967), в которой в отличие от последующих публикаций приводятся сведения о трансграничном обмене водами рек донского бассейна, значительно – в 2.5 раза превышает отток (табл. 2). Причем приток с территории Украины (в границах на начало февраля 2022 г.) практически отсутствовал, осуществлялся он главным образом через границы ЛНР. Приток донской воды из ЛНР в Ростовскую область значительно, более чем в 35 раз, превышал отток и существенно сказывался на ее гидроэкологической ситуации. Отток из России происходил на территорию Харьковской области Украины в основном из Белгородской области (74% местного стока рек донского бассейна).

Приведенные выше осредненные соотношения могут существенно меняться от года к году под влиянием антропогенных и климатических факторов. При этом может возрастать или сни-

Таблица 1. Распределение стока по физико-географическим зонам в бассейне Дона

Природная зона	Площадь	Годовой сток	Половодье	Минимальный 30-суточный летне-осенний сток	Минимальный 30-суточный зимний сток
	$\text{км}^2/\%$	$\text{км}^3/\%$			
Лесостепь	97060/23	10.67/42.2	5.43/39	0.43/65.4	0.45/54.5
Степь типичная	253200/60	12.66/50	7.09/51	0.20/30.4	0.33/40
Степь южная	67520/16	1.89/7.5	1.35/9.7	0.026/4.0	0.044/5.3
Полупустыня	4220/1	0.084/0.3	0.042/0.3	0.001/0.2	0.002/0.2
Бассейн Дона в целом	422000/100	25.30/100	13.91/100	0.657/100	0.826/100

Таблица 2. Водообмен донской водой через границу России (по состоянию на конец февраля 2022 г.)

Регион	Приток в Россию	Отток из России	Местный сток рек бассейна Дона
	км ³		
Харьковская область (Украина)	0	1.72	1.33
ЛНР	4.81	0.128	1.33
ДНР	0	0	0.297
Всего за границей РФ	4.81	1.85	2.96
Белгородская область	0	1.85	2.49
Воронежская область	0	0	3.75
Ростовская область	4.81	0	3.11
Всего в границах РФ	4.81	1.85	9.35

жаться роль отдельных составляющих речного стока в перемещении воды и загрязняющих веществ через административные и природные границы. Так, по сравнению с приведенными в табл. 2 величинами в последние годы произошло климатически обусловленное уменьшение стока Дона, снизилась доля его поверхностной составляющей и возросла доля подземной.

Обмен речной водой через административные границы субъектов РФ

Гидроэкологическая ситуация в отдельном регионе обусловлена не только природными и антропогенными факторами, действующими в пределах его административных границ, но и существенным образом зависит от особенностей обмена речной водой с соседними регионами. При других одинаковых условиях, чем больше транзитный приток (сток), тем менее напряженной становится гидроэкологическая ситуация в данном регионе, прежде всего в отношении его водообеспеченности. Особенно важную роль играет транзитный приток для наиболее обжитых регионов.

Для оценки степени влияния транзитного притока воды целесообразно использовать соотношение его величины с величиной общего стока. В работе (Коронкевич и др., 2021) выделено шесть категорий по величине транзитного притока в долях от общего стока: 1) отсутствует; 2) незначительное (менее 20%); 3) малое (20–40%); 4) среднее, сбалансированное с местным стоком (40–60%); 5) большое (60–80%); 6) доминирующее (>80%).

По данным (Водные ресурсы и водный ..., 1967) рассчитана структура водообмена в основных субъектах РФ, по территории которых протекает Дон (рис. 2). Для всех областей характерно большое (Тульская, Липецкая, Воронежская области) и даже доминирующее (Волгоградская, Ростовская области) влияние транзитного стока

на складывающуюся в них гидроэкологическую ситуацию. При этом в Тульской области она мало зависит от притока рек донского бассейна (их доля около 1% в общем стоке) и во многом обусловлена транзитным притоком рек бассейна Оки (62%). Гидроэкологическая роль транзитного стока донских рек весьма значительна в Воронежской области (73% от общего стока) и особенно в Ростовской (88%).

Учет транзитного притока позволяет не только существенно уточнить водообеспеченность отдельных субъектов РФ, но и оценить напряженность складывающейся в них гидроэкологической ситуации. Для этого используется ряд показателей (Долгов, 2002; Закруткин и др., 2004; Коронкевич и др., 2019; Коронкевич и др., 2021; и др.), в том числе отношение величины водозабора к величине общего годового стока (местного плюс транзитного), а также кратность разбавления поступающих в водные объекты сточных вод. Расчеты выполнены по регионам с долей притока рек донского бассейна в общих ресурсах стока не менее 60%. К ним относятся Липецкая, Воронежская и Ростовская области. Доля их площади во всей площади водосбора Дона составляет соответственно 5.7, 12.4 и 21.7%. Анализировались данные за год с наибольшей антропогенной нагрузкой (1990 г.) и год с ее уровнем, наблюдающимся в последние годы (2018 г.).

Вследствие несовпадения тенденций в пространственно-временной динамике общего стока водность в рассматриваемые годы на Верхнем и Нижнем Дону существенно не совпадает. Так, в Липецкой и Воронежской областях в 1990 г. общий сток был ниже нормы на 11–13%, в 2018 г. — выше нормы на 13–23%. В Ростовской области в 1990 г. наблюдался общий сток существенно ниже нормы (на 34%), а в 2018 г. был близким к норме (меньше лишь на 8%).

Из результатов расчетов, приведенных в табл. 3, следует, что за период с 1990 по 2018 г. нагрузка со

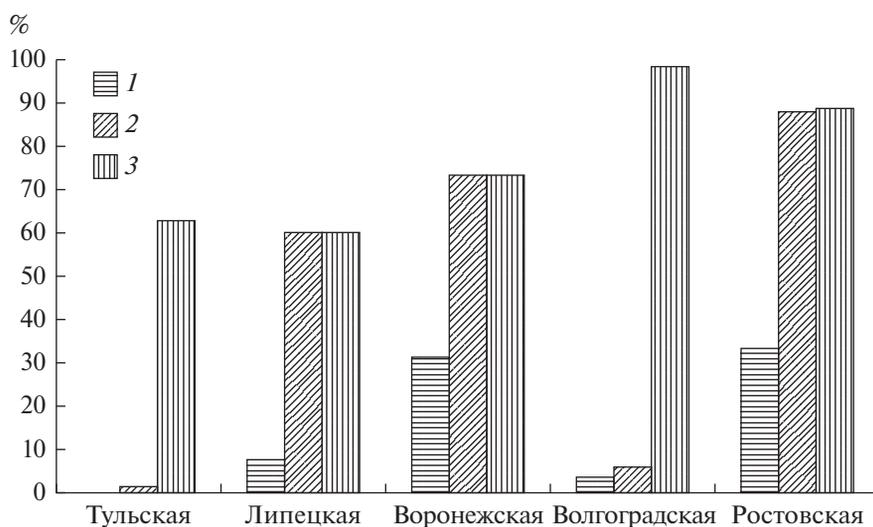


Рис. 2. Доля притока в общих ресурсах речного стока в областях РФ, по территории которых протекает Дон. 1 – р. Дон; 2 – Дон и другие реки донского бассейна; 3 – суммарный приток.

стороны водного хозяйства на сток Дона заметно снизилась. Водозабор сократился: в Липецкой области на 63%, Воронежской – 66%, Ростовской – 49%. В верхней части бассейна Дона его соотношение с общим (местным плюс транзитным) стоком значительно уменьшилось (с 9–10 до 2.4–2.7%). Однако на Нижнем Дону, в Ростовской области, где наиболее интенсивно используются ресурсы общего стока, доля водозабора от общего стока остается высокой, в 2018 г. даже несколько увеличилась (с 14 до 15%).

С 1990 по 2018 г. значительно сократился сброс сточных вод: в Липецкой области на 66%, Воронежской – 74%, Ростовской – 54%. Кратность их разбавления общим стоком на Верхнем Дону, в Липецкой и Воронежской областях, существенно возросла – соответственно с 24 до 89 раз и с 14 до 73 раз. В меньшей мере кратность разбавления увеличилась на Нижнем Дону, в Ростовской об-

ласти – с 5 до 14 раз. Здесь негативное воздействие водного хозяйства на гидроэкологическую ситуацию существеннее, чем на Верхнем Дону.

Конечно, если иметь в виду только сток донских вод и водопотребление в донской части этих областей, то кратность разбавления сточных вод будет меньше. В целом же для бассейна Дона кратность разбавления сточных вод небольшая, в 1990 г. составляла 2.1 раза, в 2018 г. – 7.3 раза.

Перенос с водой химических веществ

Вследствие преобладания западного и северо-западного атмосферного влагопереноса, на территорию донского бассейна попадает значительная часть загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятиями различных отраслей промышленности и транспорта зарубежной Европы, в том числе Украины (Клюев, 2017). Один из наибо-

Таблица 3. Гидроэкологические показатели Липецкой, Воронежской и Ростовской областей РФ

Область	1990 г.		2018 г.	
	доля водозабора от общего стока, %	разбавление сточных вод, раз	доля водозабора от общего стока, %	разбавление сточных вод, раз
Липецкая	9.4	23.5	2.7	88.8
Воронежская	9.9	13.8	2.4	73.0
Ростовская	13.8	4.8	14.8	14.2

Таблица 4. Содержание биогенов в водных вытяжках из поверхностного слоя черноземных почв Курской, Воронежской и Волгоградской областей, мг/л на 10 г сухого вещества

Элемент ландшафтной структуры	Число почвенных образцов	Азот минеральный	Фосфор минеральный
Широколиственный лес и лесопосадки	16	0.46	0.049
Залежь и целина	16	0.51	0.037
Сосновый лес	3	0.20	0.026
Сельскохозяйственные поля, занятые:	29	0.29	0.028
пшеницей	6	0.24	0.026
кукурузой	3	0.24	0.032
подсолнечником	16	0.32	0.031
чистым паром	4	0.36	0.022

лее известных результатов этого переноса – радиоактивное заражение Белгородской, Курской, Орловской, Воронежской, Тульской областей в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Немало загрязняющих веществ поступает также от внутрироссийских источников. Суммарное поступление веществ с осадками от природных и антропогенных источников может быть весьма существенным. Так, в годовом водно-биогенном балансе территории Курской области поступление с атмосферными осадками минерального азота составило в среднем 641 кг/км², а минерального фосфора – 13 кг/км². При этом поступление азота с осадками весьма существенно – оно в 2 раза превышает вынос с водным стоком (без учета сточных вод), менее заметно поступление фосфора – около 40% от величины выноса.

При трансформации выпавших осадков в поверхностный склоновый сток происходит дальнейшее насыщение воды химическими веществами, в том числе загрязняющими, формируется их диффузное поступление в гидрографическую сеть (Коронкевич, Долгов, 2017; Ясинский и др., 2020). Диффузный вынос химических веществ, особенно биогенов, в реки и водоемы во многих случаях существенно больше их поступления со сточными водами и достигает 75–95%. В значительной мере диффузное загрязнение водных объектов обусловлено внесением удобрений и ядохимикатов на сельскохозяйственных полях, расположенных выше гидрографической сети. При этом важно учитывать величину выноса биогенов с урожаем, которая в последние годы нередко оказывается больше их внесения с удобрениями.

Так, в Курской области поступление биогенов с удобрениями компенсировано еще большей величиной их выноса с урожаем (азота в среднем на 16%, фосфора – на 8% за 2015–2017 гг. (Долгов и др., 2021)).

Необходимо также учитывать, что в последние десятилетия в бассейне Дона, как и на всей территории Русской равнины, вследствие потепления климата произошли кардинальные изменения в формировании водного и водно-биогенного баланса. Они не имеют аналогов за весь период инструментальных наблюдений. Особенно это касается значительно возросшей роли инфильтрации и подземного стока в миграции с водосборов биогенных и других химических элементов и резкого сокращения роли весеннего поверхностного склонового стока. Так, в Курской области доля подземной составляющей стока в суммарном годовом выносе азота с речных водосборов стала преобладать над поверхностной составляющей. Вынос с подземным стоком составляет 59% азота и 52% фосфора (от величины выноса с полным стоком), а с поверхностным – соответственно 41 и 48%.

Однако такие изменения в структуре диффузного стока биогенных элементов не привели к улучшению гидроэкологической ситуации, поскольку дренируемые реками подземные воды нередко содержат эти элементы в еще большей концентрации, чем поверхностные.

Роль трансграничного переноса химических веществ с водным стоком в отношении химического состава местных вод усиливается на пути от приводораздельных ландшафтов к гидрографической сети. Возможны самые разные сочетания,

но чем больше разбавление стекающих вод, тем при прочих равных условиях (в том числе уровня очистки) качество природных вод будет лучше. Этому способствуют, например, более высокие запасы снега в оврагах и балках по сравнению с плакорами и склонами.

Содержание химических веществ в водах какого-либо ландшафта зависит как от поступивших в его пределах веществ (местного происхождения), так и от привнесенных с водным стоком веществ из выше расположенных ландшафтов.

Из обобщения результатов гидрохимического обследования почв, выполненного ИГ РАН и ИБХФ РАН 18–25 июля 2020 г. и 1–7 августа 2021 г., следует, что вода атмосферных осадков в наибольшей степени может насыщаться биогенами в широколиственных лесах и лесопосадках, на залежах и целинных участках, а в наименьшей — в сосняках и на сельскохозяйственных полях с истощенной почвой (при внесении удобрений не компенсирующим вынос биогенов с урожаем) (табл. 4). При современном уровне использования удобрений, пока не достигшем его максимума в конце 1980-х годов, роль сельскохозяйственных полей в качестве источника биогенного загрязнения рек и водоемов несколько снизилась. В основном азот и фосфор поступают с опадом лесной растительности и травянистой — на лугах, пастбищах, залежах.

Наиболее очевидна роль трансграничного переноса загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых непосредственно в реки. Транзитные сточные воды могут быть как более, так и менее загрязненными, чем местные. Возможны самые разные сочетания. В субъектах РФ, по территории которых протекает Дон, роль трансграничного переноса загрязняющих веществ с водным стоком в формировании качества речных вод усиливается на пути от истока до устья. При других одинаковых условиях (включая самоочищение) качество речных вод будет тем лучше, чем меньше содержится загрязняющих веществ в поступивших извне сточных водах, что в свою очередь во многом зависит от особенностей функционирования очистных сооружений.

Для регионов с долей притока рек донского бассейна в общих ресурсах стока не менее 60% (Липецкой, Воронежской и Ростовской областей) в данной работе оценена эффективность очистки сточных вод. Если судить по доле объема загрязненных сточных вод во всем объеме сбрасываемых в водные объекты сточных вод, то можно прийти к выводу, что эффективность очистки в верхней части бассейна Дона за период с 1995 по 2018 г. гораздо ниже, чем на Нижнем Дону. Более того, в Липецкой области доля загрязненных сточных вод за рассматриваемый период даже существенно увеличилась — с 63.5 до 85.9%, в Воронеж-

ской области — с 40.6 до 50.9%. В то время как в Ростовской области она сократилась с 23.5 до 15%.

Для более детальной оценки гидроэкологической роли сточных вод рассчитано среднее годовое содержание загрязняющих веществ за 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 и 2018 гг. по каждому из шести основных показателей — БПК полный, нефтепродукты, сухой остаток, азот аммонийный, нитраты, медь (Водные ресурсы и водное ..., 2007–2018).

Из результатов расчетов следует, что за рассматриваемый период отчетливо выраженной тенденции в динамике легко окисляемой органики в сточных водах (по показателю **БПК полный**) не наблюдается (рис. 3а). В среднем по анализируемым регионам этот показатель составлял в конце 1990-х — начале 2000-х годов около 6 ПДК, затем произошло некоторое его снижение — до 4 ПДК, в 2018 г., напротив, наблюдался рост — до 6 ПДК. В Ростовской области, занимающей самую нижнюю часть донского бассейна, очистные сооружения в отношении легко окисляемой органики работают менее эффективно, чем в других регионах, и превышение ПДК в местных сточных водах в 2000-е годы было больше.

В отношении концентрации **нефтепродуктов** в сточных водах отмечается тенденция к ее снижению — в среднем по анализируемым регионам с 6–9 до 2–4 ПДК (рис. 3б). Причем в Ростовской области хотя и произошло весьма существенное сокращение содержания нефтепродуктов (с 9–12 до 3–5 ПДК), но в самые последние годы оно по-прежнему остается выше, чем в сточных водах Воронежской области.

За рассматриваемый период отчетливо выражена тенденция к уменьшению содержания **меди** в сточных водах — в среднем по регионам с 8–13 до 4–5 ПДК (рис. 3в). Однако очистка сточных вод в Воронежской области от меди менее эффективная, чем в Ростовской области. Такая ситуация может оказывать дополнительное негативное влияние на качество водных ресурсов Ростовской области вследствие поступления меди в более высокой концентрации с транзитным стоком из Воронежской области.

Изменения за рассматриваемый период в величине **сухого остатка** сточных вод Липецкой и Воронежской областей практически отсутствуют. Этот показатель не превышает ПДК (рис. 3г). В экологическом отношении он наиболее важен для водных ресурсов Ростовской области, с характерной для них повышенной фоновой природной составляющей минерализации. Если судить по снижению сухого остатка в сточных водах Ростовской области (с 1.5–2.5 до 1–1.5 ПДК), то можно прийти к выводу о некотором улучшении работы местных очистных сооружений.

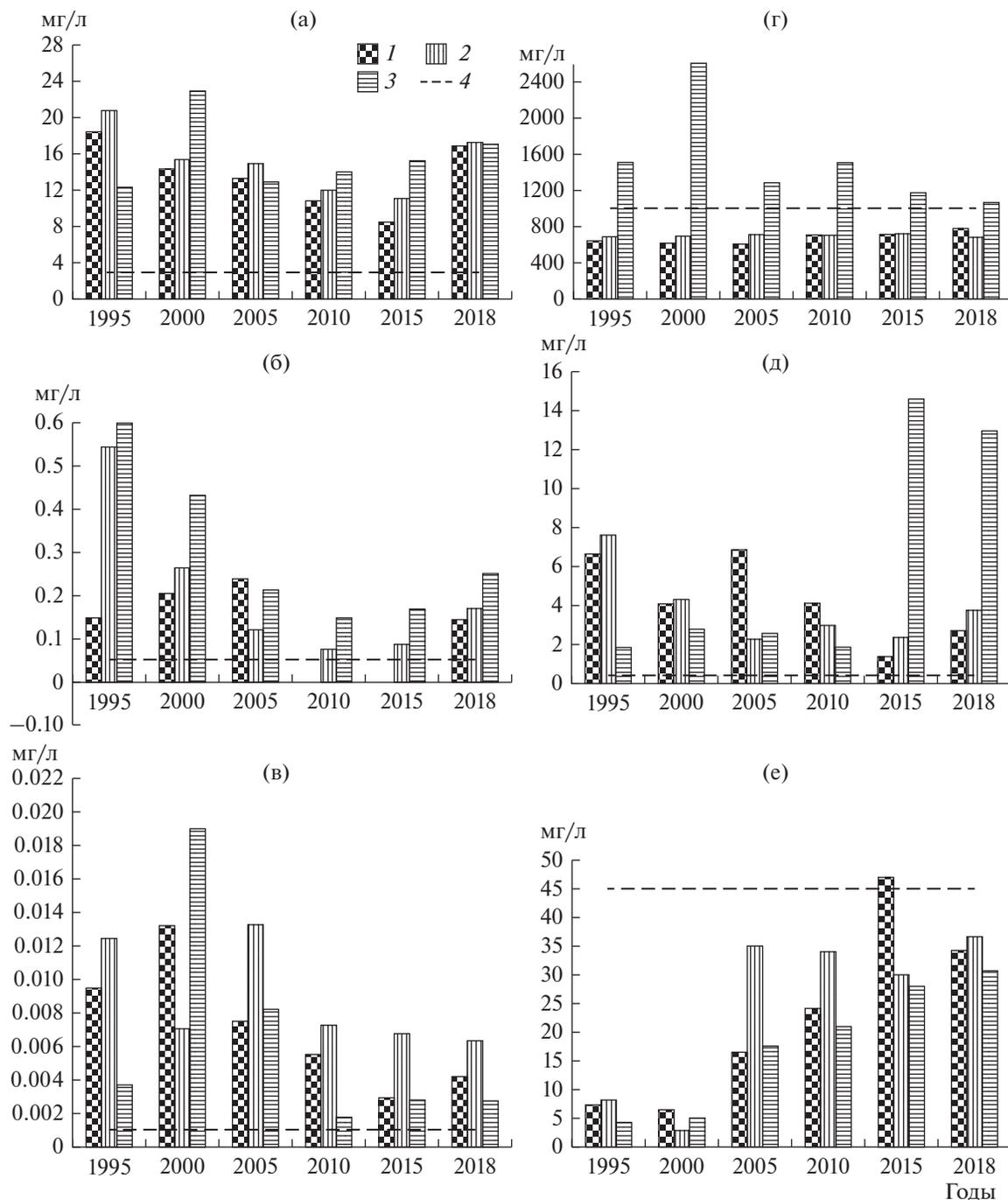


Рис. 3. Динамика содержания загрязняющих веществ в составе сточных вод: (а) легко окисляемая органика (по показателю БПК полный); (б) нефтепродукты; (в) медь; (г) сухой остаток; (д) аммонийный азот; (е) нитраты. 1 – Липецкая область; 2 – Воронежская область; 3 – Ростовская область; 4 – ПДК.

Таким образом, негативное воздействие сточных вод на качество речных вод Ростовской области за анализируемый период по рассмотренным показателям уменьшилось, возможно, из-за меньшей нагрузки на очистные сооружения и повышения эффективности их работы.

В динамике остальных двух показателей отчетливо выражена негативная ситуация. В первую

очередь это относится к продолжающемуся оставаться весьма высокому содержанию в сточных водах всех анализируемых субъектов РФ **аммонийного азота**, относящегося к числу приоритетных показателей качества речных вод в донском бассейне. В период с 1995 по 2010 г. наблюдалось снижение содержания аммонийного азота (в среднем по регионам с 13.5 до 7.5 ПДК) (рис. 3д). При-

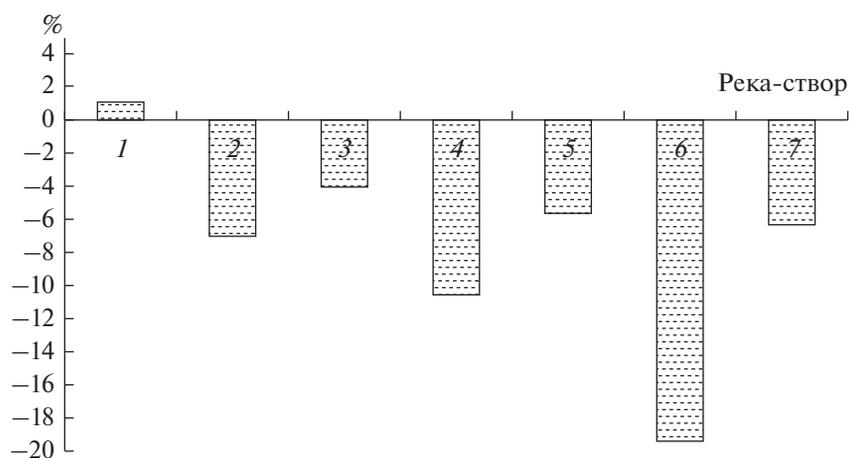


Рис. 4. Изменение годового стока рр. Дон и Северский Донец за 1981–2017 гг. относительно нормы за 1930–1980 гг., %. 1 – Дон – г. Задонск; 2 – Дон – г. Лиски; 3 – Дон – ст. Казанская; 4 – Дон – х. Хованский; 5 – Дон – г. Серафимович; 6 – Дон – ст. Раздорская; 7 – Северский Донец – г. Белая Калитва.

чем более эффективной была очистка сточных вод по этому показателю в Ростовской области. Однако впоследствии содержание аммонийного азота в сточных водах Ростовской области не только не снизилось, но даже значительно выросло (до 32 ПДК в 2018 г.) и стало больше, чем в сточных водах Воронежской и Липецкой областей.

Отчетливо выраженной негативной тенденцией в 2000-е годы стал значительный рост содержания в сточных водах **нитратов** (рис. 3е), свидетельствующий об усилении биогенной нагрузки на реки и водоемы. Причем в сточных водах Ростовской области концентрация нитратов в последнее десятилетие стала ниже, чем в сточных водах, поступающих с транзитным стоком из Воронежской области.

Полученные результаты характеризуют гидроэкологическую роль сточных вод в целом для субъектов РФ, в отдельных же их частях положение может существенно отличаться от средних по субъекту показателей, в том числе в зависимости от доли транзитных и местных сточных вод в величине общего стока.

Заметим также, что результаты в отношении оценки гидроэкологической роли транзитных сточных вод могут быть в дальнейшем детализированы, в том числе на основе анализа всего спектра загрязняющих веществ, учитываемых государственной статистической отчетностью. Следует также иметь в виду, что вплоть до настоящего времени не налажен учет объема и химического состава дождевых и талых вод, стекающих с урбанизированных территорий (включая дорожную сеть), гидроэкологическая роль которых за последние десятилетия явно возросла. Величина водного стока, формирующегося на них в настоя-

щее время, соизмерима с его величиной на сельскохозяйственных угодьях.

Антропогенные и климатические изменения стока в бассейне Дона

В последние десятилетия (с 1980-х годов) произошла существенная трансформация использования ландшафтов водосборной площади Дона. Она обусловлена ростом урбанизированных территорий, а также уменьшением площадей под зяблевой (осенней) пахотой, весенний поверхностный сток с которой меньше, чем с нераспаханных с осени полей. Если в 1960–1970 гг. осенняя распаханность достигала до 50% всей площади бассейна Дона, то в самые последние годы площадь зяби сократилась до 25–28%.

Такая трансформация землепользования способствует увеличению поверхностного склонового стока. Однако возобладала другая тенденция — его резкое снижение, вплоть до нуля в отдельные годы. Вклад климатического фактора в современное общее изменение поверхностного склонового стока оказался преобладающим. Он составил для бассейна Дона в целом 75–85%, а вклад антропогенного фактора — лишь 15–25% (Долгов и др., 2020). Что касается изменения современного суммарного речного стока по сравнению с периодом 1930–1980 гг. в створе ст. Раздорская (20%) (рис. 4), то оно практически целиком обусловлено климатическими факторами, так как суммарная антропогенная нагрузка (ландшафтные изменения стока на водосборе, дополнительное испарение с акваторий Цимлянского, Воронежского и других водохранилищ, безвозвратное изъятие воды при водопотреблении) в размере в среднем примерно 5–5.5 км³/год (20–22%) приблизительно одинаковы в сравниваемые периоды, хотя тенденция

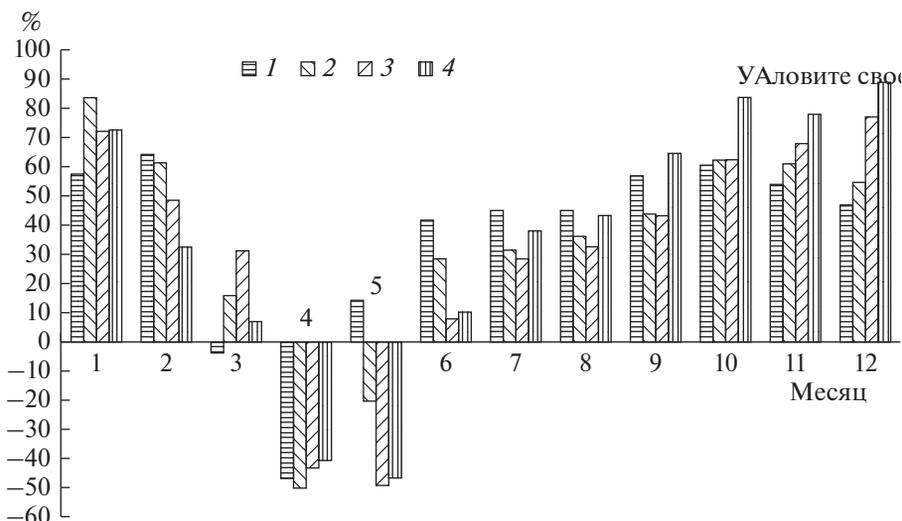


Рис. 5. Изменение среднего за 1981–2016 гг. месячного стока р. Дон относительно нормы за 1930–1980 гг. 1 – г. Задонск; 2 – г. Лиски; 3 – г. Калач-на-Дону; 4 – ст. Раздорская.

изменения была диаметрально противоположной. В первый период нагрузка возрастала, и сток уменьшался, а во второй она снижалась, что способствовало увеличению стока. В то же время возросла роль антропогенных факторов (в первую очередь водохранилищ) во внутригодовом распределении стока.

Основной причиной уменьшения стока после 1980 г. стал рост температуры воздуха в холодный период года, приведший к уменьшению глубины промерзания почвы, учащению оттепелей, росту инфильтрации талых вод в почву. В отличие от температуры воздуха, количество осадков в бассейне Дона изменилось не столь существенно, в том числе в холодный период года.

В последние десятилетия существенно изменилось внутригодовое распределение стока. Произошло резкое снижение стока половодья. Сокращение среднего месячного стока в бассейне Дона в апреле–мае достигло 40–50% (рис. 5), максимальные суточные расходы воды уменьшились в 2 раза (р. Дон у г. Задонск и р. Северский Донец у г. Белая Калитва) и 3.4 раза (Дон у ст. Раздорская), в том числе за счет более полного регулирования стока водохранилищами в последние десятилетия по сравнению с периодом 1930–1980 гг.

На фоне снижения стока в апреле–мае, когда в основном проходит половодье (и за год в целом), сток в маловодный период года (с июня по февраль) значительно увеличился (см. рис. 5), особенно в октябре–январе (в среднем на 65%). Произошло это, скорее всего, за счет увеличения подземного стока с водосборной площади (Долгов и др., 2020). Об этом свидетельствует, в частности, значительный рост (в среднем за период 1981–2017 гг.) минимального зимнего суточного стока

Дона и Северского Донца – в 1.7–2.1 раза и минимального суточного стока в открытом русле – в 1.4–2.4 раза.

В связи со значительным снижением поверхностной составляющей стока соответственно снизилась ее роль в перемещении воды вместе с загрязняющими веществами через административные и природные границы, а роль подземной составляющей, напротив, возросла.

Основные проблемы трансграничного водообмена в бассейне Дона и пути их решения

В числе основных проблем водообмена – деление водных ресурсов трансграничных рек, и особенно качество транзитных вод, сформировавшихся на той или иной территории. Очень важно определить, кто и в каком объеме должен возмещать ущерб, наносимый загрязнением трансграничных рек. Для этого необходимо оценить вклад в их загрязнение не только от точечных источников (в том числе загрязняющих атмосферу и осадки), но и от площадных (диффузных). Препятствием при этом могут служить разные нормативы загрязнения воды, применяемые в России и за рубежом, а также разное природное качество вод.

Наиболее остро ситуация с загрязнением водных объектов в связи с трансграничным переносом складывалась в последние годы в Ростовской области. Сюда по Северскому Донцу осуществлялся перенос загрязняющих веществ из ЛНР. Вклад в загрязнение Северского Донца преобладал и составлял не менее 70% (Клюев, 2017). Ситуация с загрязнением Ростовской области в настоящее время остается во многом неясной из-за геополитических причин.

Решение указанных проблем связано с целым рядом организационно-правовых, экономических и технических вопросов, детальное рассмотрение которых выходит за рамки данной статьи. При этом важно отметить, что принципиальные пути решения проблем трансграничного водообмена уже разработаны. Так, в Соглашении об основных принципах взаимодействия в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов государств – участников СНГ (1998 г.) принят бассейновый подход к решению трансграничных гидрологических проблем. Пути их решения основаны на принципе максимального учета интересов стран, расположенных в бассейнах трансграничных рек. Северский Донец находится в числе рек, по которым заключены соглашения. Правда, судьба Соглашения по этой реке в силу геополитического кризиса остается неясной.

Остается немало и других нерешенных вопросов. Необходимы бассейновые соглашения между отдельными субъектами РФ в бассейне Дона. Следует организовать мониторинг за трансграничным атмосферным переносом загрязняющих веществ, состоянием водных ресурсов не только в руслевой сети, но и на территории водосборов, а также за рассредоточенным (диффузным) стоком. Много неясного остается в расчете современного и будущего водного и вещественного балансов трансграничных речных бассейнов, в прогнозной оценке качественного состава вод с учетом возможных антропогенных воздействий, в составлении комплексных схем рационального использования и охраны водных и связанных с ними земельных и других природных ресурсов.

ВЫВОДЫ

Трансграничный водообмен целесообразно рассматривать как перемещение воды вместе с химическими веществами через границы: государственные, административные между субъектами РФ, а также через природно-антропогенные (физико-географических зон, ландшафтов, сельскохозяйственных угодий и др.).

Основная часть атмосферных осадков и содержащихся в них примесей поступает на территорию донского бассейна благодаря преобладающему западному и северо-западному переносу влаги в атмосфере. Менее существенную роль играют ветровое перемещение снега и перенос воды и химических веществ с водным стоком через границы отдельных ландшафтов. Однако это важно для изучения процессов формирования стока и качества вод, установления фоновых их значений для отдельного региона с учетом его ландшафтной структуры, а также для выявления источников и путей миграции загрязняющих веществ.

Наиболее актуальны в настоящее время вопросы, связанные с перемещением воды с загрязняющими веществами через государственные и административные границы. Выполненный анализ показал значительную долю трансграничного стока в общих водных ресурсах субъектов РФ. Она увеличивается от истока Дона и достигает наибольшей величины (88%) в Ростовской области. Гидроэкологическая роль транзитного стока донских рек весьма значительна также для Воронежской области (73% от общего стока).

Для бассейна Дона в целом объем притока через государственную границу (по состоянию на конец февраля 2022 г.) в 2.5 раза превышал отток. Наиболее острая гидроэкологическая ситуация, обусловленная главным образом снижением (на 20% по сравнению с периодом 1930–1980 гг.) водного стока на Нижнем Дону и трансграничным переносом загрязняющих веществ с водным стоком Северского Донца, сложилась в Ростовской области. Такой ситуации способствует также поступление загрязняющих веществ из верхней части донского бассейна, в первую очередь из Липецкой и Воронежской областей, в которых доля загрязненных сточных вод во всем их объеме за последние годы существенно увеличилась (на 10–20%).

Анализ динамики содержания загрязняющих веществ в составе сточных вод за 1995–2018 гг. показал, что в отношении отдельных показателей их очистка продолжает оставаться недостаточно эффективной (особенно аммонийного азота). Практически отсутствует контроль природоохранных органов за диффузным загрязнением водных объектов. Важно и то, что роль поверхностной составляющей речного стока в перемещении воды вместе с загрязняющими веществами через административные и природные границы снизилась, а роль подземной составляющей, напротив, возросла.

Полученные результаты характеризуют водно-экологическую напряженность в целом для субъектов РФ, в отдельных же их частях положение может существенно отличаться от средних по субъекту показателей, в том числе в зависимости от доли транзитного и местного стока в величине общего стока, эффективности очистки загрязненных вод.

Принципиальные пути решения трансграничных водных проблем известны, в первую очередь это бассейновые соглашения. Их целесообразно дополнить муниципальным уровнем (административных районов), что позволит повысить эффективность управления водохозяйственной и водоохранной деятельностью. К сожалению, нередко действенный контроль отсутствует, и принятые бассейновые соглашения не всегда реализуются.

В заключение важно подчеркнуть, что выполненные расчеты отражают ситуацию, сложившуюся до геополитического кризиса 2022 г.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках Государственного задания Института географии РАН по теме FMGE-2019-0007, государственная регистрация АААА-А19-119021990093-8 (разработка методики, оценка разных видов трансграничного водообмена в бассейне Дона) и проекта РНФ 20-17-00209 (анализ гидроэкологических показателей сточных вод).

FUNDING

The work was carried out within the framework of the State Task of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences no. FMGE-2019-0007, state registration АААА-А19-119021990093-8 (development of methodology, assessment of different types of transboundary water exchange in the Don River basin) and the RNF project no. 20-17-00209 (analysis of hydro-ecological indicators of wastewater).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Водные ресурсы и водное хозяйство России: Стат. сб. / под ред. Н.Г. Рыбальского, В.А. Омеляненко, А.Д. Думнова. М.: НИА-Природа, 2008–2018.
- Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 199 с.
- Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: ГГИ, 2008. 600 с.
- Водные ресурсы Российской Федерации: Стат. сб. / под ред. Н.Г. Рыбальского и А.Д. Думнова. М.: НИА-Природа, 2007. 205 с.
- Водные ресурсы СССР и их использование. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 301 с.
- Государственный доклад “О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году”. М.: НИА-Природа, 2019. 290 с.
- Джамалов Р.Г., Киреева М.Б., Косолапов А.Е., Фролова Н.Л. Водные ресурсы бассейна Дона и их экологическое состояние. М.: ГЕОС, 2017. 205 с.
- Долгов С.В. Гидрологические последствия изменений хозяйственной деятельности в Курской области // Изв. РАН. Сер. геогр. 2002. № 5. С. 72–82.
- Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. Ландшафтно-гидрологические изменения в бассейне Дона // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6. С. 674–685.
- Долгов С.В., Швыдкий В.О., Штамм Е.В. Закономерности формирования баланса азота и фосфора на речных водосборах в центральной лесостепи Русской равнины в 1990–2020 гг. // Изв. РАН. Сер. геогр. 2021. Т. 85. № 3. С. 355–367.
- Закруткин В.Е., Коронкевич Н.И., Шишкина Д.Ю., Долгов С.В. Закономерности антропогенного преобразования малых водосборов степной зоны Юга России (в пределах Ростовской области). Ростов-на-Дону: Изд-во Ростов. ун-та, 2004. 252 с.
- Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 377 с.
- Клюев Н.Н. Экологические угрозы в Российской приграничье // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 1. С. 35–46.
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С. Трансграничный водообмен в России // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 4. С. 407–416.
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А. Оценка антропогенных воздействий на водные ресурсы России // Вестн. РАН. 2019. № 6. С. 603–614.
- Коронкевич Н.И., Долгов С.В. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек // Вода и экология: проблемы и решения. 2017. № 4. С. 103–110.
- Котляков В.М. Мир снега и льда. М.: Наука, 1994. 286 с.
- Кузнецова Л.П. Перенос влаги в атмосфере над территорией СССР. М.: Наука, 1978. 91 с.
- Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Дон / под ред. В.Ю. Георгиевского. СПб.: Свое издательство, 2020. 262 с.
- Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество: Ежегод. изд-е. СПб.–М., 2001–2019.
- Ясинский С.В., Кашутина Е.А., Сидорова М.В., Нарыков А.Н. Антропогенная нагрузка и влияние водосбора на диффузный сток биогенных элементов в крупный водный объект (на примере водосбора Чебоксарского водохранилища) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 630–648.

Transboundary Water Exchange in the Don River Basin

S. V. Dolgov^{1,*}, N. I. Koronkevich^{1,**}, and Yu. Yu. Alentyev^{1,***}

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

**e-mail: svdolgov1978@yandex.ru*

***e-mail: koronkevich@igras.ru*

****e-mail: alentev49@mail.ru*

Different types of water exchange across state (as of the end of February 2022), administrative and natural borders in the Don River basin are considered. The indicators of atmospheric moisture transfer and wind movement of snow, water runoff across the boundaries of forest-steppe and steppe zones and the boundaries

of individual landscapes are given. Most of the water is transported across all boundaries in the atmosphere. River runoff is only 4% of the value of atmospheric moisture transfer; 42% of the total annual runoff flows from the forest-steppe to the borders of the steppe zone, 39% of the flood runoff and 55–65% of the minimum summer-autumn and winter runoff. The exchange of river water between individual subjects in the Russian part of the Don River basin has been determined. There is a significant improvement in the water availability of the regions, taking into account the transit flow. The transfer of chemicals with water is considered. The features of the formation of diffuse runoff of biogenic elements in different landscapes are revealed. The results of a comparative analysis of the dynamics of the content of pollutants in the wastewater of Rostov, Voronezh, and Lipetsk oblasts for 1995–2018 period are presented. The impact of local and transit wastewater on the quality of water resources of Rostov oblast is assessed. The features of transboundary water exchange in connection with climate changes and economic activity that have occurred over the past decades are revealed. Mainly due to climatic changes, river runoff on the Lower Don has significantly decreased—by an average of 20%. The role of the surface component of runoff in the movement of water together with pollutants across administrative and natural borders has significantly decreased, while the role of the underground component, on the contrary, has increased. The ways of solving the main problems caused by transboundary water exchange are proposed.

Keywords: Don basin, administrative and natural boundaries, water exchange, quantity and quality of water resources, climatic and anthropogenic factors, changes

REFERENCES

- Dolgov S.V. Hydrological consequences of changes in economic activity in Kursk oblast. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2002, no. 5, pp. 72–82. (In Russ.).
- Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Barabanova E.A. Landscape-Hydrological Changes in the Don Basin. *Water Resour.*, 2020, vol. 47, no. 6, pp. 934–944. <https://doi.org/10.1134/S0097807820060056>
- Dolgov S.V., Shvydkii V.O., Shtamm E.V. Patterns of nitrogen and phosphorus balance formation in river catchments in the central forest-steppe of the Russian Plain in 1990–2020. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2021, vol. 85, no. 3, pp. 355–367. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S2587556621030031>
- Dzhamalov R.G., Kireeva M.B., Kosolapov A.E., Frolova N.L. *Vodnye resursy basseina Dona i ikh ekologicheskoe sostoyanie* [Water Resources of the Don Basin and Their Ecological Status]. Moscow: GEOS Publ., 2017. 205 p.
- Gosudarstvennyi doklad “O sostoyanii i ispol’zovanii vodnykh resursov Rossiiskoi Federatsii v 2018 godu”* [State Report “On the State and Use of Water Resources of the Russian Federation in 2018”]. Moscow: NIA-Priroda, 2019. 290 p.
- Kalinin G.P. *Problemy global’noi gidrologii* [Problems of the Global Hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1968. 377 p.
- Klyuev N.N. Environmental Threats to the Russian Borderlands. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2017, no. 1, pp. 35–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-1-35-46>
- Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Kashutina E.A. Assessing the Anthropogenic Impact on the Water Resources of Russia. *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2019, vol. 89, no. 3, pp. 287–297. <https://doi.org/10.1134/S1019331619030067>
- Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S. Transboundary water exchange in Russia. *Water Resour.*, 2021, vol. 48, no. 4, pp. 502–511. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0097807821040072>
- Koronkevich N.I., Dolgov S.V. The runoff from a watershed as a source of diffuse river pollution. *Voda i Ekologiya: Probl. i Resheniya*, 2017, no. 4, pp. 103–110. (In Russ.). <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2017.22.4.103-110>
- Kotlyakov V.M. *Mir snega i l’da* [World of Snow and Ice]. Moscow: Nauka Publ., 1994. 286 p.
- Kuznetsova L.P. *Perenos vlagi v atmosfere nad territoriei SSSR* [Transfer of Moisture in the Atmosphere over the Territory of the USSR]. Moscow: Nauka Publ., 1978. 91 p.
- Nauchno-prikladnoi spravochnik: Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki vodnykh ob’ektov basseina reki Don* [Scientific and Applied Handbook: Basic Hydrological Characteristics of Water Bodies of the Don River Basin]. Georgievsky V.Yu., Ed. St. Petersburg: Svoe izdatel’stvo Publ., 2020. 262 p.
- Resursy poverkhnostnykh i podzemnykh vod, ikh ispol’zovanie i kachestvo: Ezhegodnoe izdanie* [Surface and Groundwater Resources, Their Use and Quality: Annual Edition]. St. Petersburg, Moscow, 2001–2019.
- Vodnye resursy i vodnoe khozyaistvo Rossii* [Water Resources and Water Management of Russia]. Rybalsky N.G., Omelyanenko V.A., Dumnova A.D., Eds. Moscow: NIA-Priroda, 2008–2018.
- Vodnye resursy i vodnyi balans territorii Sovetskogo Soyuza* [Water Resources and Water Balance of the Territory of the Soviet Union]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1967. 199 p.
- Vodnye resursy Rossii i ikh ispol’zovanie* [Water Resources of Russia and Their Use]. Shiklomanova I.A., Ed. St. Petersburg: GGI Publ., 2008. 600 p.
- Vodnye resursy Rossiiskoi Federatsii* [Water Resources of the Russian Federation]. Rybalsky N.G., Dumnova A.D., Eds. Moscow: NIA-Priroda, 2007. 205 p.

- Vodnye resursy SSSR i ikh ispol'zovanie* [USSR Water Resources and Their Use]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1987. 301 p.
- Yasinskii S.V., Kashutina E.A., Sidorova M.V., Narykov A.N. Anthropogenic load and the effect of drainage area on the diffuse runoff of nutrients into a large water body: Case study of the Cheboksary reservoir. *Water Res.*, 2020, vol. 47, no. 5, pp. 810–827.
<https://doi.org/10.1134/S009780782005022X>
- Zakrutkin V.E., Koronkevich N.I., Shishkina D.Yu., Dolgov S.V. *Zakonomernosti antropogennoy preobrazovaniya malyykh vodosborov stepnoi zony Yuga Rossii (v pre-delakh Rostovskoi oblasti)* [Regularities of Anthropogenic Transformation of Small Catchments of the Steppe Zone of the South of Russia (within Rostov Oblast)]. Rostov-on-Don: Rostov University Publ. House, 2004. 232 p.

УДК 504.4.062.2

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ БЕССТОЧНОЙ ОБЛАСТИ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

© 2023 г. И. Д. Рыбкина^а, *, Н. В. Стоящева^а, Н. Ю. Курепина^а, А. В. Головин^а,
Е. Ю. Седова^а, О. В. Машкина^б

^аИнститут водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия

^бАСТеон, French consulting and research company, Кольмар, Франция

*e-mail: irina.rybkina@mail.ru

Поступила в редакцию 07.06.2022 г.

После доработки 22.08.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

Оценка антропогенной нагрузки на малые реки бессточной области Обь-Иртышского междуречья выполнена по показателям прямых (организованных) и косвенных (диффузных) воздействий. Для оценки выбраны методики, которые прошли апробацию в географических и гидрологических исследованиях. Детализация и верификация полученных результатов оценки осуществлена с применением данных дистанционного зондирования, полевых исследований, химико-аналитических и статистических методов. Оценка показала, что преобладают источники диффузного загрязнения водных объектов: территории сельских населенных пунктов, животноводческие фермы (комплексы), участки выгула домашнего скота и птицы, свалки хозяйственно-бытового мусора и твердых коммунальных отходов. Отмечается бо́льший уровень нагрузки в пределах бессточной области Алтайского края в сравнении с Новосибирской областью, что связано с более интенсивным развитием аграрного сектора региона. Инвентаризация источников антропогенных воздействий методами дистанционного зондирования выявила трудности определения действующих объектов и видов их использования, несоответствие количества животноводческих комплексов, выделенных с помощью реестра организаций и путем визуального дешифрирования космических снимков. Анализ расчетных данных нагрузок фосфора и азота на отдельные водные объекты подтвержден оценками, проведенными на основе результатов полевых гидрологических и гидрохимических исследований.

Ключевые слова: водосборные территории, инвентаризация источников загрязнения, животноводческие комплексы, нагрузка фосфора и азота, гидрохимический анализ, дистанционное зондирование

DOI: 10.31857/S2587556623020085, EDN: KFYTYT

АКТУАЛЬНОСТЬ

Возрастающие антропогенные нагрузки на водные объекты и их водосборные территории (речные и озерные бассейны) находят отражение в характеристиках водных ресурсов, которые используются в хозяйственно-питьевых и производственных целях. В связи с этим крайне важно научиться регулировать воздействия.

В гидрологии и географии существуют различия в подходах к оценке антропогенных воздействий на водные объекты. В географии, ландшафтной экологии и биогеохимии под антропогенной нагрузкой чаще всего подразумевают количественную меру воздействия человека, его экономической деятельности на ландшафты, компоненты окружающей среды и водосборные территории. При этом используются показатели именно воздействия – численность и плотность населения, распаханность территории, животноводческая нагрузка, соотношение площадей при-

родных и антропогенно-преобразованных ландшафтов, привнос удобрений и химикатов и др. (Исаченко, 1997, 2001; Кочуров, 2003; Кочуров и др., 2016; Отто, Оточкина, 2016; Оценка ..., 1985; Рыбкина, 2005; Сороковикова, 1993; и др.). В сравнительном анализе, как правило, применяются балльная оценка или нормирование количественных показателей воздействия.

В гидрологии антропогенные воздействия изучаются с позиций изъятия водных ресурсов и сброса сточных вод, оценки качества вод и уровня загрязнения водных объектов, изменения их гидрологического режима и водности (Водные ..., 2008; Данилов-Данильян, Лосев, 2006; Демин и др., 2015; Королев и др., 2007; Коронкевич, Мельник, 2015; Корытный, Безруков, 1990; Потапов, 2000; Румянцев и др., 2021; Селезнев, 2021; Селезнева, 2003; Стоящева, 2015; Шикломанов, 1979, 1989; Ясинский и др., 2020). Список работ обширен,

научное обобщение результатов представлено в работе Н.И. Коронкевича с авторами (2017).

Рассматриваются как традиционные антропогенные воздействия (гидротехническое строительство, водозабор на различные цели), так и косвенные, осуществляемые на водосборах через почву, растительность, рельеф. Всю совокупность антропогенных воздействий можно условно разделить на прямые (организованные) и косвенные (опосредованные), точечные и диффузные, сосредоточенные и рассредоточенные. Большинство исследователей сходится во мнении о том, что диффузные (рассредоточенные) источники могут оказывать весьма существенное воздействие, а в некоторых случаях и определяющее влияние на качество воды в поверхностных и подземных водных источниках (Данилов-Данильян и др., 2020). При этом сокращение объемов сбрасываемых вод не ведет к адекватному улучшению качества вод, и состояние большинства водных объектов остается неудовлетворительным (Демин, 2020).

Для анализа и оценки прямых воздействий и диффузного стока с водосборов речных бассейнов разработаны методические приемы, позволяющие учесть нагрузку на водные объекты через коэффициенты изъятия или использования вод, кратности разбавления сточных вод ресурсами речного стока, водного стресса, показатели стока биогенных элементов и др. В настоящей работе предпринята попытка объединить указанные подходы, используя современные методы анализа (статистический, дистанционного зондирования, полевых исследований, химико-аналитический и другие).

Объектом исследования выступили речные бассейны Обь-Иртышского междуречья на территории общей площадью порядка 190 тыс. км² в пределах Новосибирской области и Алтайского края. Отметим, что реки междуречья имеют слабую степень изученности и охвата гидрометеорологическими наблюдениями. Основные из них – рр. Каргат, Чулым, Карасук, Кучук, Кулунда, Бурла – отличаются незначительной водностью, протекают по засушливой территории и впадают в бессточные озера, образуя озерно-речные системы междуречья, самыми крупными из которых являются системы озер Чаны и Кулундинское (Цимбалей, Андреева, 2015). Многолетнее использование территорий этих бассейнов в сельскохозяйственных целях накладывает определенный отпечаток на особенности антропогенных воздействий и качество воды водных объектов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Любой бассейн реки представляет собой систему, взаимосвязь между элементами которой

обеспечивает речной поток, а качество воды, в свою очередь, зависит от процессов, происходящих на всем водосборе. Антропогенное воздействие на водные объекты складывается из прямой нагрузки, обусловленной забором воды и сбросом сточных вод в водные объекты, а также косвенной, связанной с хозяйственной деятельностью на территории водосборного бассейна.

Прямые воздействия определялись на основе расчета коэффициента использования водных ресурсов и показателя водного стресса [*water stress* (Global water ..., 2014; Schlosser et al, 2014; WWAP, 2015)], а также нагрузки сточными водами через определение кратности разбавления сточных вод или в английской интерпретации – *ratio dilution* (Королев и др., 2007; Орлов и др., 2014; Селезнева, 2003; Bibikova, 2011). Коэффициент использования водных ресурсов – это отношение забора воды из поверхностных водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам (среднегодовое, а также минимальные значения речного стока). Если коэффициент менее 10%, то водный стресс не наблюдается, от 10 до 20% – существует слабая нехватка воды, 20–40% – умеренная, превышение 40% означает высокий уровень вододефицита (Данилов-Данильян, Лосев, 2006). Показатель нагрузки сточными водами – кратность разбавления сточных вод – определялся как отношение объема речного стока реки-приемника к объему сточных вод (число раз).

Количественные показатели, характеризующие современное водопользование на территории муниципальных образований Обь-Иртышского междуречья, предоставлены в выписке из государственного водного реестра (ГВР), подготовленной отделами водных ресурсов по Алтайскому краю и Новосибирской области Верхне-Обского бассейнового водного управления (БВУ).

Косвенные воздействия на водные объекты оказывают антропогенные нагрузки на водосборе, являющиеся следствием заселенности и хозяйственной освоенности территории, специализации экономики. В основе оценки уровня антропогенной нагрузки (АН) на водосборную территорию положена методика А.Г. Исаченко (2001), существенно дополненная и переработанная авторами (Рыбкина и др., 2011). При этом использованы такие показатели, как плотность населения на водосборе, плотность промышленного производства [по (Одессер, 1991)] (объем производимой промышленной продукции в тыс. руб., приходящийся на 1 км²), а также сельскохозяйственная освоенность, включая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов крупного рогатого скота (КРС) на 1 км²). Методика прошла апробацию на территории бассейнов рр. Оби, Иртыша, Енисея, Ангары, полученные на ее основе результаты одобрены водо-

Таблица 1. Шкала основных показателей антропогенной нагрузки

Показатель	Уровень нагрузки (баллы)							
	незначительная или отсутствует (1)	очень низкая (2)	низкая (3)	пониженная (4)	средняя (5)	повышенная (6)	высокая (7)	очень высокая (8)
Плотность населения, чел./км ²	0	≤ 0.1	0.2–1.0	1.1–5.0	5.1–10.0	10.1–25.0	25.1–50.0	>50.0
Распаханность, %	0	≤ 0.1	0.2–1.0	1.1–5.0	5.1–15.0	15.1–40.0	40.1–60.0	>60.0
Животноводческая нагрузка, усл. гол./км ²	0	≤ 0.1	0.2–1.0	1.1–2.0	2.1–3.0	3.1–6.0	6.1–10.0	>10.0
Плотность промышленного производства, тыс. руб./ км ²	0	≤ 10.0	10.1–100.0	100.1–1000.0	1000.1–3000.0	3000.1–4000.0	4000.1–5000.0	>5000.0

Составлено по: (Рыбкина и др., 2011).

хозяйственными структурами субъектов Федерации и территориальными органами Росводресурсов, вошли в состав отдельных проектных документов.¹

Расчеты всех величин производились с административной привязкой в границах водосборных бассейнов. Используемые показатели сгруппированы по видам антропогенных воздействий – демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Поскольку регион исследования имеет аграрную направленность, а промышленность представлена главным образом переработкой сельскохозяйственного сырья, приоритетными являются демографические и сельскохозяйственные показатели. Из-за монотонности аграрного воздействия весовые коэффициенты дополнительно не вводились, в расчетах использованы величины, определяющие интенсивность земельной (распаханность) и животноводческой нагрузки. Итоговая сельскохозяйственная нагрузка представляет собой их среднеарифметическое значение в баллах. *Совокупная антропогенная нагрузка* рассчитывается как среднеарифметическое значение баллов трех видов воздействия. Для каждого из показателей принимается условная восьмибалльная шкала интенсивности (табл. 1). Интенсивность антропогенной нагрузки варьирует от категории “незначительная или отсутствует” (1 балл) до “очень высокая” (8 баллов).

Оценка уровня антропогенной нагрузки на территории водосборных бассейнов выполнена на основе официальных статистических данных

¹ Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Обь. Утв. приказом Нижне-Обского БВУ от 25.08.2014 г. № 285; Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Енисей. Утв. приказом Енисейского БВУ от 19.06.2014 г. № 94; Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Ангара, включая оз. Байкал. Утв. приказом Енисейского БВУ от 20.11.2014 г. № 183.

муниципальных образований Росстата². Для анализа динамики плотности населения использовались материалы переписей населения 1970 и 1989 гг.

Основное количество загрязняющих веществ в исследуемом регионе поступает не от крупных водопользователей, осуществляющих забор воды и сброс сточных вод в водные объекты (информация о них представлена в формах ГВР), а от средних и мелких предприятий путем привноса загрязняющих веществ с плоскостным смывом. Для определения уровня антропогенной нагрузки на водные объекты за счет плоскостного (диффузного) смыва загрязняющих веществ – фосфора и азота – с водосбора выполнен расчет количества загрязняющих веществ, поступающих от животноводства (L_{an}) по формуле³:

$$L_{an} = \sum_j k_j j N_j,$$

где k_j – коэффициент эмиссии вещества от одного домашнего животного j -го наименования, N_j – количество домашних животных.

Нормативные значения коэффициентов k_j для различных домашних животных и птицы по фосфору ($P_{общ}$) и азоту ($N_{общ}$) заимствованы в работах (Васильев, Филиппова, 1988; Минеев, 2004).

Проведена также инвентаризация источников поступления загрязняющих веществ (в основном животноводческих хозяйств) методами дистанционного зондирования с применением соответствующего программного обеспечения и космоснимков, полученных сканирующими системами

² База данных муниципальной статистики Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 10.12.2021).

³ Ладога / ред. В.А. Румянцев, С.А. Кондратьева. СПб.: Нестор-История, 2013. 468 с.; Минеев В.Г. Агрехимия: Учеб. М.: Изд-во “Колос”, 2004. 720 с.

Landsat 8 и Sentinel-2, и полевых обследований с отбором проб воды на гидрохимический анализ.

Для уточнения мест размещения животноводческих комплексов составлен реестр организаций, занимающихся животноводством (разведением крупного рогатого скота, свиней, птицы, овец и коз). Данные по видам деятельности получены на сайте Федеральной налоговой службы⁴ из единого реестра субъектов малого и среднего предпринимательства.

По юридическому адресу предприятия, адресам выезда проверок (ФГИС⁵ “Единый реестр проверок”), отмечены места расположения коровников, свиноферм, птицеферм, ферм с овцами и козами, крестьянских (фермерских) хозяйств. Источники загрязнения были нанесены на карту в программе QGIS. Далее для автоматизации процесса инвентаризации животноводческих комплексов были подобраны космические снимки с целью дальнейшей их классификации. Пространственное разрешение космических снимков оказалось недостаточным для проведения контролируемой и неконтролируемой классификаций, поэтому также были использованы снимки Google Map.

Далее выполнено визуальное дешифрирование космических снимков по прямым (тон, рисунок изображения, размер, форма) и косвенным (растительность, результаты хозяйственной деятельности человека и др.) дешифровочным признакам (Симакова, 2014). Функционирование ферм определялось по наличию в загонах животных, целостности помещений содержания животных, наличия вытоптанной тропы перемещения животных от загонов до места выгула.

Полученные результаты расчета показателей нагрузки сравнивались с результатами химико-аналитического анализа отобранных в ходе полевых обследований проб речных вод. Анализ выполнялся методом атомно-адсорбционной спектроскопии по стандартным методикам в химико-аналитическом центре Института водных и экологических проблем СО РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Забор воды из поверхностных водных объектов в 2020 г., согласно выписке из ГВР, предоставленной отделами водных ресурсов по Алтайскому краю и Новосибирской области Верхне-Обского БВУ, составил суммарно 5.01598 млн м³. Основной объем забранных поверхностных вод — 2.67896 млн м³ (более 73%) — приходился на бассейн р. Чулым, 1.33702 млн м³ (27%) — на бассейн

р. Кучук. На территории других водосборных бассейнов забор воды из поверхностных водоисточников отсутствовал. Качество использованной воды — техническая. В бассейне р. Чулым вода использовалась для сельскохозяйственного водоснабжения, р. Кучук — на производственные нужды.

Коэффициент использования водных ресурсов для р. Чулым в средний по водности год (при значении стока 213.8 млн м³) составляет 1.7%, в годы минимальной водности (37.5 млн м³) — 9.8%. Коэффициент использования водных ресурсов для р. Кучук в период со среднемноголетними значениями стока (22.1 млн м³) составляет 6.1%, с минимальными (5.7 млн м³) — 23.6%. Другими словами *водный стресс* не наблюдается, только в годы минимальной водности в бассейне р. Кучук отмечается умеренная нехватка водных ресурсов.

Объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в 2020 г., согласно выписке из ГВР, составил: 3.33884 млн м³ (16%) — недостаточно очищенные сточные воды (бассейны рр. Баган и Карасук); 2.82078 млн м³ (84%) — сбросные воды с рыбоводных прудов нормативно чистого качества (р. Чулым).

В поверхностные водные объекты р. Баган поступило 0.08049 млн м³ недостаточно очищенных сточных вод, нагрузка сточными водами, которая выражается в *кратности разбавления сточных вод водами поверхностных водных объектов*, в средний по водности год (23.0 млн м³ в створе п. Ярок⁶) достигает 286 раз, в годы минимальной водности (при объеме стока 80% обеспеченности, составляющем 3.86 млн м³) — 48 раз.

Объем недостаточно очищенных сточных вод, отведенных в поверхностные водные объекты бассейна р. Карасук, составил 0.43757 млн м³, кратность разбавления сточных вод даже при среднемноголетних значениях речного стока (41.3 млн м³ в створе оз. Баган) — 18 раз. Кратность разбавления нормативно-чистых сточных вод водами р. Чулым в среднемноголетний период составляет 76 раз, в годы минимальной водности (для р. Карасук — даже при среднемноголетних значениях стока) кратность разбавления не превышает 10–20 раз, что явно недостаточно для полного разбавления загрязняющих веществ.

⁶ Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Вып. VI. Равнинные районы Алтайского края и южная часть Новосибирской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 977 с.

⁷ Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель. Вып. VI. Равнинные районы Алтайского края и южная часть Новосибирской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 977 с.

⁴ Сайт Федеральной налоговой службы. <https://rmsp.nalog.ru/index.html> (дата обращения 10.09.2021).

⁵ ФГИС “Единый реестр проверок”. <https://proverki.gov.ru/portal> (дата обращения 20.09.2021).

Таблица 2. Количество загрязняющих веществ, поступивших со сточными водами в водные объекты бессточной области Обь-Иртышского междуречья в 2020 г. (данные ГВР)

Водный объект	Загрязняющее вещество												
	аммоний-анион, т	железо, кг	нитрат-анион, кг	нитрит-анион, кг	фенол, кг	ХПК, кг	нефтепродукты, кг	сухой остаток, т	фосфаты, т	взвешенные вещества, т	БПК, т	АСПА, кг	всего, т
Баган	0.035	14.479	76.604	3.448	0.800	787.069	0.004	59.959	0.016	0.697	0.225	3.400	61.817
Карасук	0.493	44.523	478.920	28.934	0.766	5190.674	0.030	292.133	0.605	6.957	1.569	20.347	307.521
Всего	0.528	59.002	555.524	32.382	1.566	5977.743	0.034	352.092	0.621	7.654	1.794	23.750	369.339

Нагрузка сточными водами, отходящими от локальных объектов, отчитывающихся по статистической форме 2тп-водхоз, для других водных объектов рассматриваемой территории отсутствует, скорее всего, по причине отсутствия крупных водопользователей.

Всего от организованных источников в 2020 г. в водные объекты бессточной области Обь-Иртышского междуречья с недостаточно очищенными сточными водами поступило 369.34 т загрязняющих веществ (табл. 2), из них в поверхностные водные объекты бассейна р. Карасук – 83% их общего количества, р. Баган – 17%.

Наибольший вклад в загрязнение вод рр. Карасук и Баган вносят: сухой остаток – 352.1 т (из них р. Карасук – 83.0%), взвешенные вещества – 7.7 т (р. Карасук – 90.9%), ХПК – 6.0 т (р. Карасук – 86.8%), БПК – 1.8 т (р. Карасук – 87.5%).

Проведенные расчеты уровня антропогенной нагрузки на территории водосборов позволили выявить дифференциацию антропогенной нагрузки на территорию.

Демографическая нагрузка. Численность населения рассматриваемой территории на 1 января 2021 г. составила 603.0 тыс. чел., средняя плотность населения – 4.9 чел. на 1 км², что соответствует пониженному (4 балла) уровню воздействия. Заселена территория относительно равномерно, наибольшая плотность населения отмечается в границах бассейнов рр. Касмала – 8.4 чел./км² и Карасук – 7.7 чел./км², а также собственно бессточной области бассейнов оз. Кучукское, Кулундинское, Топольное, Чаны (далее – бессточная область) – 5.2 чел./км² (средний уровень нагрузки, 5 баллов). Остальная территория характеризуется пониженным уровнем нагрузки (4 балла). Наименьшая плотность населения фиксируется в бассейнах

рр. Чулым – 2.8 чел./км², Кучук – 3.0 чел./км² и Каргат – 3.2 чел./км².

Среди муниципальных образований наиболее плотно заселена территория городского округа г. Яровое – 336.0 чел./км² (очень высокая нагрузка, 8 баллов), Славгородского городского округа – 18.7 чел./км², Кулундинского – 10.8 чел./км² и Немецкого национального – 10.4 чел./км² – районов Алтайского края (повышенная нагрузка, 6 баллов). Наименее плотно – Колыванского района Новосибирской области – 0.8 чел. на 1 км² (низкая нагрузка, 3 балла).

Для территории исследования характерно сокращение численности населения – за период с 1970 г. оно составило более 50%. За период с 2010 по 2021 г. сокращение численности населения на территории речных бассейнов составило 24%. Максимальное сокращение наблюдается в бассейне р. Суетка (39%) и р. Кучук (40%), минимальное – в бассейне р. Карасук (16%). Эти данные подтверждаются результатами полевых выездов.

Промышленная нагрузка составляет в среднем 433 тыс. руб./км² – пониженный уровень, 4 балла. Территории водосборов освоены в промышленном отношении относительно равномерно – от 191.7 тыс. руб./км² в бассейне р. Чулым до 678.28 тыс. руб./км² в бассейне р. Бурла. Наибольшей промышленной освоенностью отличаются территории городского округа г. Яровое – 10440.8 тыс. руб./км² (очень высокая нагрузка, 8 баллов), а также Славгородского городского округа и муниципальных районов Алтайского края: Хабарский, Рубцовский, Благовещенский, Немецкий национальный с плотностью промышленной нагрузки от 1168.0 до 2251.2 тыс. руб./км² (средняя нагрузка, 5 баллов). Наименьшая нагрузка – от 15.3 до 93.5 тыс. руб./км² (низкая нагрузка, 3 балла) – в Здвинском, Убинском, Чистоозерном

районах Новосибирской области, а также Баевском и Каменском районах Алтайского края.

Уровень распахки в отдельных административных районах составляет 60% и более – это Поспелихинский (62.3%), Родинский (63.2%), Кулундинский (67.3%), Табунский (68.4%), Немецкий национальный (75.2%) районы Алтайского края. Менее всего распаханы территории городского округа г. Яровое (2.6%), Чулымского (1.9%) и Убинского (5.0%) муниципальных районов (пониженный уровень нагрузки).

Показатель уровня распахки на территории водосборных бассейнов в целом составляет 27.2% (6 баллов, повышенная нагрузка). Максимальные уровни (7 баллов) отмечаются в границах бассейнов рр. Суетка (42.0%), Барнаулка (44.6%), Касмала (49.1%) и Кучук (59.1%) на территории Алтайского края; минимальные (средний уровень нагрузки, 5 баллов) – в бассейнах рр. Чулым (11.1%) и Каргат (7.0%) Новосибирской области.

Животноводческая нагрузка. Уровень животноводческой нагрузки в среднем повышенный – 3.9 усл. гол. скота на 1 км². Максимум (высокая, 7 баллов) отмечается на территории бассейна р. Касмала (6.9 усл. гол./км²) и р. Карасук (6.0 усл. гол./км²). Минимум нагрузки (пониженная, 4 балла) – в бассейне р. Чулым (1.5 усл. гол./км²).

Наибольшая плотность условных голов наблюдается в границах Немецкого национального района – 14.3 усл. гол./км² (очень высокая нагрузка, 8 баллов) и еще в девяти районах Алтайского края: Алейском, Завьяловском, Кулундинском, Новочихинском, Ребрихинском, Романовском, Рубцовском, Табунском, Хабарском, а также Баганском, Карасукском и Кочковском районах Новосибирской области – 6.1–9.1 усл. гол./км² (высокая нагрузка, 7 баллов). Наименьшая: в Здвинском, Куйбышевском районах Новосибирской области и Каменском районе Алтайского края с животноводческой нагрузкой 0.2–0.7 усл. гол./км² (низкая нагрузка, 3 балла).

Итоговая сельскохозяйственная нагрузка оценивается в 6 баллов (как повышенная) с максимумом на территории бассейнов рр. Барнаулка, Касмала, Суетка и Карасук – 7 баллов (высокая) и минимумом в бассейнах рр. Каргат и Чулым – 5 баллов (средняя).

Из 30 рассматриваемых муниципальных образований Алтайского края 15 характеризуются очень высокой (8 баллов – Кулундинский и Немецкий национальный районы) и высокой (7 баллов – Алейский, Завьяловский, Мамонтовский, Новичихинский, Поспелихинский, Ребрихинский, Родинский, Романовский, Рубцовский, Суетский, Хабарский, Шелаболихинский, Ши-

пуновский районы) сельскохозяйственной нагрузкой. Пониженная сельхознагрузка – 4 балла отмечена в пяти районах Новосибирской области (Здвинский, Колыванский, Куйбышевский, Убинский, Чулымский) и городском округе г. Яровое.

Совокупная антропогенная нагрузка в разрезе административно-территориальных образований (рис. 1) изменяется от пониженной (4 балла) до высокой (7 баллов). Наибольших значений она достигает на территории пяти муниципальных образований Алтайского края: городского округа г. Яровое с высоким уровнем нагрузки, Славгородского городского округа, Кулундинского, Рубцовского и Немецкого национального районов – здесь уровень антропогенной нагрузки повышенный.

Наименьшие значения совокупной нагрузки (4 балла) отмечены в девяти районах Новосибирской области: Барабинском, Здвинском, Колыванском и др. и двух районах Алтайского края: Баевском и Каменском.

Водосборные территории характеризуются относительно равномерным распределением уровня совокупной нагрузки. Для большинства водосборов, как и для всей территории в целом, он оценивается в 5 баллов (средняя). Исключение составляют только бассейны рр. Чулым и Каргат с пониженным уровнем (4 балла) совокупной антропогенной нагрузки. В пределах Алтайского края уровень нагрузки средний, в Новосибирской области – пониженный (рис. 2).

Нагрузка в бассейнах рек усиливается воздействием объектов твердых коммунальных отходов (ТКО) – временно согласованных и неразрешенных свалок. На рис. 2 приводится далеко неполный, официально известный перечень источников образования отходов. Данные заимствованы из Территориальных схем Алтайского края (2017 г.)⁸ и Новосибирской области (2016 г.)⁹.

По результатам оценки отмечается максимальное количество источников образования ТКО в границах бассейнов оз. Чаны, Кучукское, Кулундинское: 235 в Новосибирской области и 243 в Алтайском крае при средней плотности расположения объектов 8 шт./1000 км². В бассейнах рр. Бурла, Карасук и Суетка плотность таких объектов достигает 10–11 шт./1000 км².

⁸ Разработка территориальной схемы обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами Алтайского края (актуализированная редакция). Т. 1. Алтайский край / ИВЭП СО РАН. Барнаул, 2017. 261 с.

⁹ Территориальная схема обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, Новосибирской области. Утв. постановлением Правительства Новосибирской области от 26.09.2016 № 292-п.

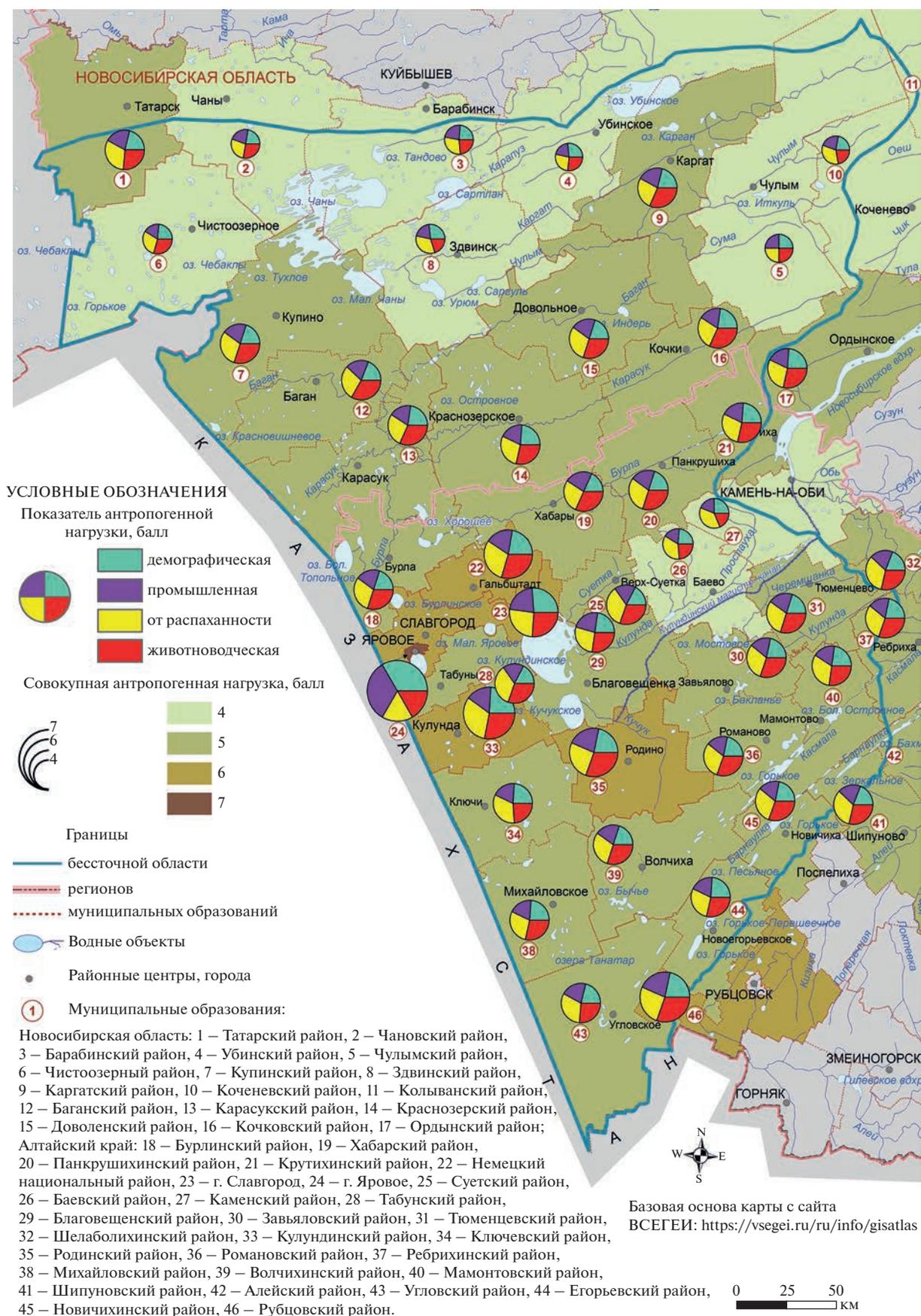


Рис. 1. Совокупная антропогенная нагрузка на территории муниципальных образований бессточной области Обь-Иртышского междуречья.

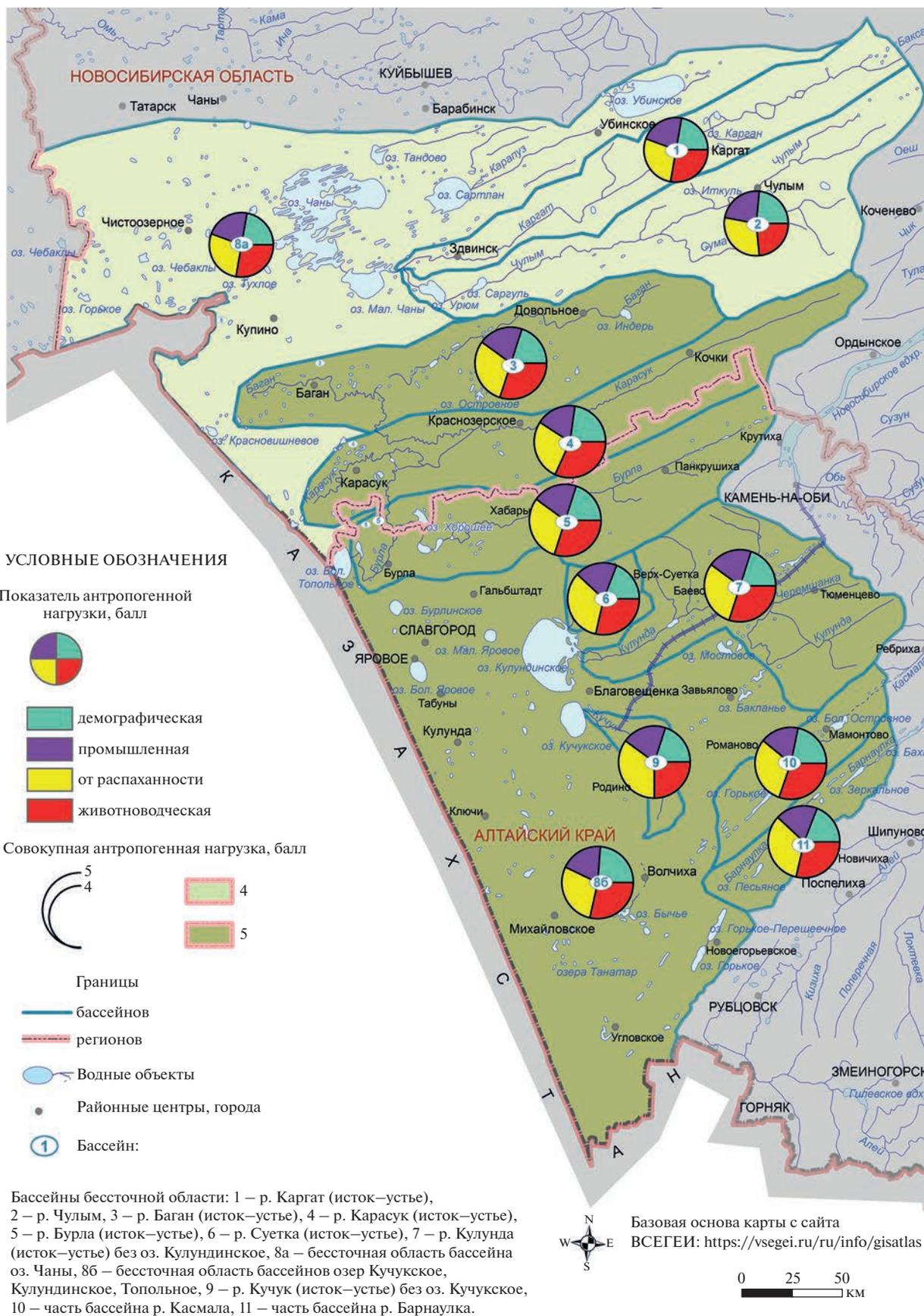


Рис. 2. Совокупная антропогенная нагрузка на водосборные территории бессточной области Обь-Иртышского междуречья.

Таблица 3. Поголовье скота в границах водосборных территорий бессточной области Обь-Иртышского междуречья, 2020 г.

Водосборная территория	Поголовье, голов			
	КРС	свиньи	лошади	овцы и козы
Баган	32900	4727	1685	20655
Барнаулка	11024	4792	468	2012
Бурла	37125	13618	4019	13852
Карасук	44888	13632	2861	18740
Каргат	15706	1800	688	6765
Касмала	15195	8462	1129	3804
Кулунда	19036	12095	1015	7198
Кучук	2150	1133	165	2082
Суетка	3323	1967	142	656
Чулым	11595	2875	817	10173
Бессточная область озер	162916	46746	11420	84895
Всего	355857	111849	24412	170833

Более детально рассмотрена нагрузка на водные объекты за счет *плоскостного смыва загрязняющих веществ с водосбора*. Привнос на территорию водосборных бассейнов таких загрязняющих веществ, как фосфор и азот осуществляется в результате деятельности животноводства. Поголо-

вье скота рассматриваемой территории характеризуется повсеместным преобладанием КРС, общая его численность составляет 355 857 голов.

Места размещения животноводческих объектов в границах водосборных бассейнов были уточнены на основе данных с сайтов Федеральной налоговой службы и ФГИС “Единый реестр проверок”, а также путем дешифрирования космических снимков высокого разрешения. Результат показал, что наибольшее количество КРС отмечается в границах следующих водосборных территорий: бессточная область озер – 162916 голов (45.8% всего поголовья), бассейны рр. Карасук – 44888 голов (12.6%), Бурла – 37125 голов (10.4%) и Баган – 32900 голов (9.2%). Наибольшее поголовье овец и коз также сосредоточено на территории бессточной области озер – 84895 голов (49.7%), на втором месте – бассейн р. Баган – 20655 (12.1%), на третьем – р. Карасук – 18740 голов (11.0%), четвертом – р. Бурла – 13852 голов (8.1% всего поголовья) (табл. 3).

Общее количество эмиссии фосфора в пределах всей рассматриваемой территории составило 9375.9 т/год, азота – 30866.7 т/год. Наибольшее количество отмечается в границах бессточной области – 4325.4 т/год (46.1%) фосфора и 14072.4 т/год (45.6%) азота соответственно (рис. 3, табл. 4).

Однако если соотнести показатели эмиссии фосфора и азота с площадями соответствующих

Таблица 4. Эмиссия фосфора и азота (т/год) от животноводческой деятельности в границах водосборных бассейнов, 2020 г.

Показатель	Баган	Барнаулка	Бурла	Карасук	Каргат	Касмала	Кулунда	Кучук	Суетка	Чулым	Бессточная область озер	Итого
<i>Фосфор</i>												
КРС	727.1	243.6	820.5	992.0	347.1	335.8	420.7	47.5	73.4	256.2	3600.4	7864.4
Свиньи	4.3	4.3	12.3	12.3	1.6	7.6	10.9	1.0	1.8	2.6	42.1	100.7
Лошади	43.1	12.0	102.9	73.3	17.6	28.9	26.0	4.2	3.6	20.9	292.3	624.9
Овцы и козы	95.0	9.3	63.7	86.2	31.1	17.5	33.1	9.6	3.0	46.8	390.5	785.8
Всего	869.5	269.2	999.3	1163.8	397.5	389.8	490.7	62.3	81.9	326.6	4325.4	9375.9
<i>Азот</i>												
КРС	1914.8	641.6	2160.7	2612.5	914.1	884.4	1107.9	125.1	193.4	674.8	9481.7	20710.9
Свиньи	199.5	202.2	574.7	575.3	76.0	357.1	510.4	47.8	83.0	121.3	1972.7	4720.0
Лошади	197.2	54.8	470.3	334.8	80.5	132.0	118.8	19.3	16.6	95.6	1336.1	2856.2
Овцы и козы	311.9	30.4	209.2	283.0	102.2	57.4	108.7	31.4	9.9	153.6	1281.9	2579.6
Всего	2623.3	929.0	3414.8	3805.5	1172.8	1431.0	1845.8	223.7	302.9	1045.4	14072.4	30866.7

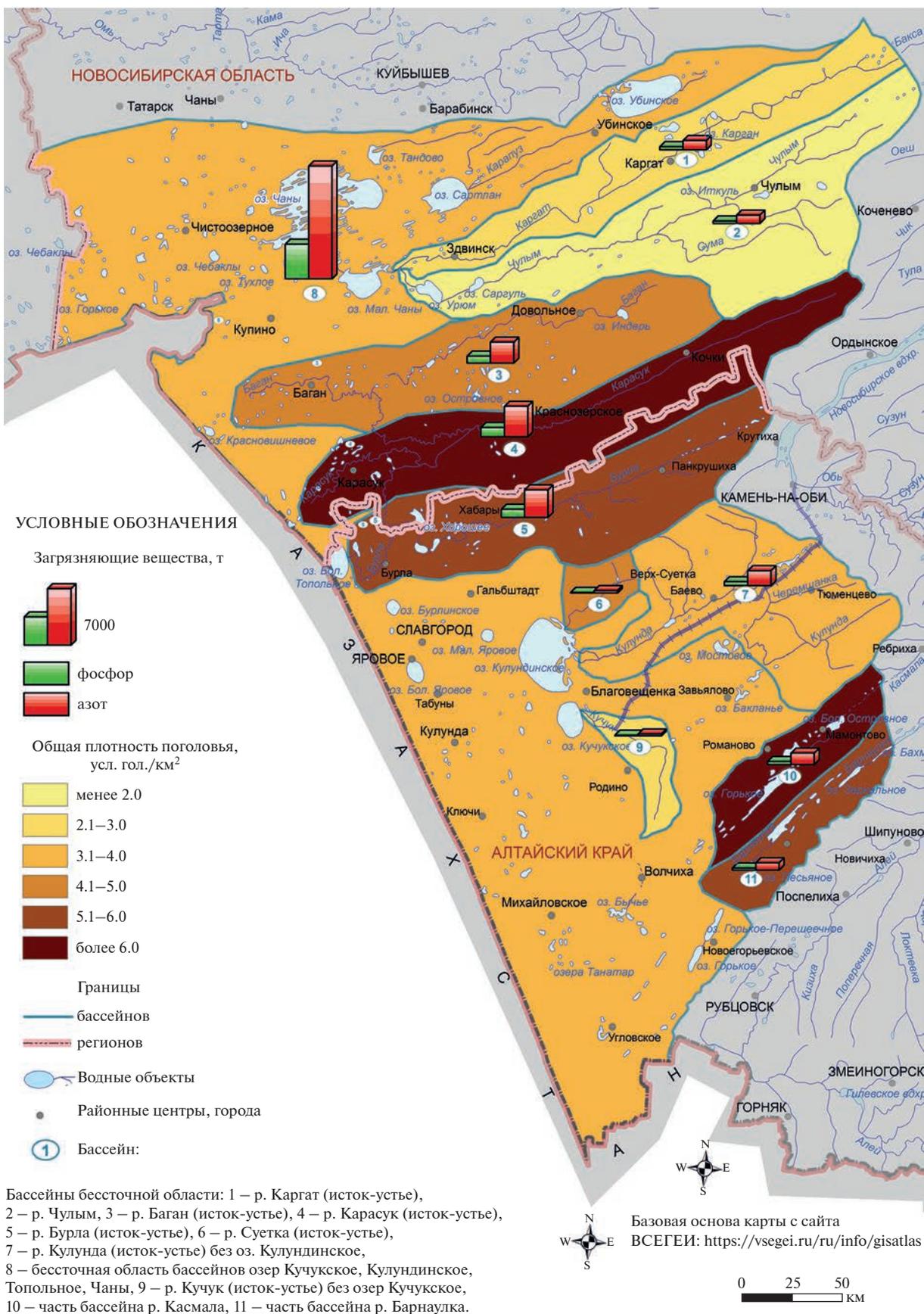


Рис. 3. Животноводческая нагрузка фосфора и азота на водосборные территории бессточной области Обь-Иртышского междуречья.

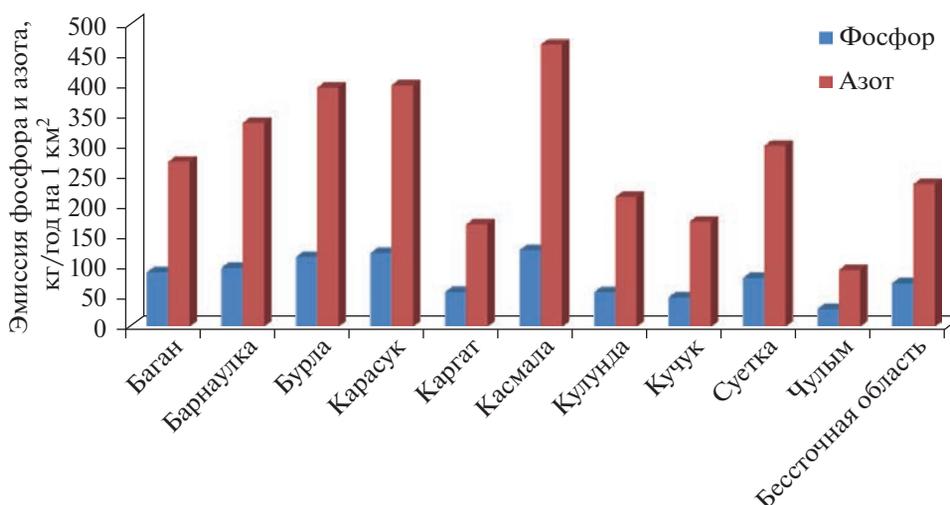


Рис. 4. Эмиссия фосфора и азота в результате деятельности животноводства, кг/год на 1 км².

водосборных территорий, наибольшее количество загрязняющих веществ приходится на 1 км² в бассейнах рр. Касмала – 126.6 кг фосфора и 464.7 кг азота, Карасук – 121.7 кг фосфора и 398.0 кг азота, Бурла – 115.2 кг фосфора и 393.8 кг азота; минимальное – в бассейне р. Чулым – 29.3 кг фосфора и 93.7 кг азота, тогда как средние значения по всей территории бессточной области Обь-Иртышского междуречья составляют 76.3 и 251.3 кг на 1 км² в год соответственно (рис. 4).

Сравнительный анализ прямых и косвенных воздействий показывает явный перевес в пользу косвенных видов нагрузки. Например, на территории Баганского района Новосибирской области объем поступления азотсодержащих веществ в результате прямых воздействий составляет 80.087 т (или 3%), а косвенных (за счет наличия животноводческих комплексов и ферм на территории водосбора) – 2623.3 т (97%). Еще больше преимущественно в пользу косвенных воздействий по фосфору: 869.5 и 0.016 т.

Для верификации полученных результатов выполнены дополнительные расчеты массы загрязняющих веществ, поступающих с водосбора. Определение проводилось на основе проведенных гидрологических измерений и/или данных Росгидромета, а также выполненного в ИВЭП СО РАН гидрохимического анализа (табл. 5). Полученные массы загрязняющих веществ определены в период максимального плоскостного смыва с водосбора, соответствуют фазе высокой водности внутригодовой цикличности, поэтому не могут быть распространены на другие гидрологические периоды года. Однако они дают обобщенное представление о максимально возможных объемах выноса веществ при косвенных видах воздействий, тем самым позволяя в первом при-

ближении верифицировать полученные данные расчетным путем по животноводческой нагрузке.

Так, эмиссии фосфора в бассейне р. Кучук только от животноводства составляют 62.3 т/год, а в целом от всех источников диффузного загрязнения в период половодья – 243.5 т/месяц. По соединениям азота животноводческая нагрузка в бассейне р. Суетка равна 302.9 т/год, суммарно от всех рассредоточенных объектов – 1101.2 т в мае 2021 г.

ВЫВОДЫ

Антропогенная нагрузка должна рассматриваться от всех источников воздействия – как прямых (точечных), так и диффузных (рассредоточенных).

Инвентаризация источников загрязнения методами дистанционного зондирования выявила несоответствие количества животноводческих комплексов, выделенных с помощью реестра организаций и путем дешифрирования космических снимков.

Оценка прямых видов воздействия показала отсутствие проявления водного стресса и высокую кратность разбавления сточных вод при средних показателях речного стока, что положительно сказывается на экологическом состоянии водных объектов. Отмеченные низкие и средние уровни прямых воздействий объясняются отсутствием крупных водопользователей и расположением в бессточной области Обь-Иртышского междуречья преимущественно малых и средних предприятий.

Основными источниками загрязнения водных объектов признаны территории сельских населенных пунктов, животноводческие фермы (комплекс-

Таблица 5. Naturные данные гидрологических обследований и результаты гидрохимического анализа рек бессточной области Обь-Иртышского междуречья в мае 2021 г.

Показатель	Единица измерения	Кучук– Н. Кучук	Кулунда– Шимолино	Суетка– Н. Суетка	Бурла– Панкрушиха	Бурла– Бурла	Карасук– Карасук	Чулым– Сума	Каргат– Каргат	Чулым– Чулым
Речной расход	м ³ /с	0.61	13.48	0.26	4.58	11.56	12.06	3.65	29.18	31.66
Концентрация аммония	мг/дм ³	0.39	1.1	0.99	0.56	2.40	1.00	1.40	0.89	0.91
Концентрация нитрат-ионов	мг/дм ³	0.18	0.74	0.64	0.76	0.86	0.60	1.00	1.10	1.40
Концентрация нитрит-ионов	мг/дм ³	0.00	0.005	0.004	0.03	0.003	0.01	0.023	0.025	0.012
Масса аммония	тонн/ месяц	616.64	38434.18	667.18	6647.96	71912.45	31259.52	13245.12	67314.76	74677.08
Масса нитрат-ионов	тонн/ месяц	284.60	25855.72	431.31	9022.23	25768.63	18755.71	9460.80	83198.02	114887.81
Масса нитрит-ионов	тонн/ месяц	4.74	174.70	2.70	368.01	89.89	375.11	217.60	1890.86	984.75
Суммарная масса азота	тонн/ месяц	905.98	64464.60	1101.19	16038.21	97770.97	50390.35	22923.52	152403.64	190549.64
Концентрация фосфат-ионов	мг/дм ³	0.10	0.48	0.68	0.60	0.11	0.79	0.29	0.18	0.31
Концентрация фосфора общ.	мг/дм ³	0.05	0.19	0.33	0.20	0.09	0.26	0.10	0.06	0.10
Масса фосфат-ионов	тонн/ месяц	158.11	16771.28	458.27	7122.82	3295.99	24695.02	2743.63	13614.22	25439.44
Масса фосфора общ.	тонн/ месяц	85.38	6638.63	222.39	2374.27	2816.57	8127.48	908.24	4538.07	8042.15
Суммарная масса фосфора	тонн/ месяц	243.49	23409.91	680.66	9497.09	6112.56	32822.50	3651.87	18152.29	33481.59

сы), участки выгула домашнего скота и птицы, свалки хозяйственно-бытового мусора и ТКО.

Совокупная антропогенная нагрузка на водосборе агрегирует многочисленные косвенные источники воздействия. Выявлено относительно равномерное распределение всех показателей косвенного воздействия по территории региона исследования. Отмечается немного больший уровень нагрузки в пределах бессточной области Алтайского края в сравнении с Новосибирской областью, что связано с более развитым аграрным сектором края.

Сравнительный анализ прямых и косвенных видов воздействия показывает превалирование рассредоточенных источников антропогенной нагрузки.

При дальнейших исследованиях представляется возможным районирование исследуемой территории по интенсивности антропогенных воздействий.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках выполнения работ по госбюджетной тематике ИВЭП СО РАН и гранту РФФИ № 21-55-75002/21 “Разработка рекомендаций в целях устойчивого совместного использования почв и грунтовых (подземных) вод: принятие решений при поддержке и участии заинтересованных сторон”.

FUNDING

The article was supported by the state budget of the IWEP SB RAS and the RFBR grant no. 21-55-75002 “Stakeholder supported decision making for sustainable conjunctive management of soil and groundwater.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васильев В.А., Филиппова Н.В.* Справочник по органическому удобрению. М.: Росагропромиздат, 1988. 255 с.
- Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: Гос. гидрол. ин-т, 2008. 600 с.
- Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.
- Данилов-Данильян В.И., Веницианов Е.В., Беляев С.Д.* Некоторые проблемы снижения загрязнения водных объектов от диффузных источников // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 493–502.
- Демин А.П., Болгов М.В., Филиппова И.А.* Изменение нагрузки на водные ресурсы бассейна реки Оки под влиянием климатических и антропогенных факторов // Научное обеспечение реализации “Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года”: Сб. науч. тр. ФГБУН Институт водных проблем РАН, 2015. С. 86–93.
- Демин А.П.* Сброс сточных вод и загрязнение водных объектов в бассейне реки Волга (1990–2018 гг.) // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2020. Т. 1. № 5. С. 138–143.
- Исаченко А.Г.* Широтная зональность и механизмы устойчивости ландшафтов к антропогенным воздействиям // Изв. РГО. 1997. Т. 129. № 3. С. 15.
- Исаченко А.Г.* Экологическая география России. СПб.: Изд. дом СПбГУ, 2001. 328 с.
- Королев А.А., Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б., Панютин А.А., Иудин Д.И.* Экологическое зонирование территории Волжского бассейна по степени нагрузки сточными водами на основе бассейнового принципа (на примере Верхней Волги) // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2007. Т. 9. № 1. С. 265–269.
- Коронкевич Н.И., Мельник К.С.* Антропогенные воздействия на сток реки Москвы. М.: МАКС Пресс, 2015. 168 с.
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Мельник К.С.* Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 2. С. 8–23.
- Корытный Л.М., Безруков Л.А.* Водные ресурсы Ангаро-Енисейского региона (геосистемный анализ). Новосибирск: Наука, 1990. 216 с.
- Кочуров Б.И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.: Маджета, 2003. 384 с.
- Кочуров Б.И., Родионова А.И., Семенов В.А.* Оценка эколого-хозяйственного баланса Калужской области // Проблемы региональной экологии. 2016. № 3. С. 150–156.
- Минеев В.Г.* Агрохимия: Учеб. М.: Изд-во “Колос”, 2004. 720 с.
- Одессер С.В.* Территориальная дифференциация в экономико-географических типологиях // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1991. № 6. С. 61–69.
- Орлов М.С., Абрамова Е.А., Щерба В.А.* К оценке антропогенной нагрузки на воды речных бассейнов Подмосковья и Крыма // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 2 (13). С. 681–684.
- Отто О.В., Оточкина О.А.* Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты Алтайского края // География и природопользование Сибири. 2016. № 21. С. 125–135.
- Оценка влияния хозяйства на природу. Воздействие – изменение – последствия / под ред. В.С. Преображенского, В. Ворачек. Брно, 1985. Т. 1. 438 с.
- Потапов А.Д.* Экология. М.: Высш. шк., 2000. 447 с.
- Румянцев В.А., Коронкевич Н.И., Измайлова А.В., Георгиади А.Г., Зайцева И.С., Барабанова Е.А., Дробкова В.Г., Корнеевкова Н.Ю.* Водные ресурсы рек и водоемов России и антропогенные воздействия на

- них // Изв. РАН. Сер. геогр. 2021. Т. 85. № 1. С. 120–135.
- Рыбкина И.Д.* Оценка экологической опасности в системах расселения Алтайского края: Дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2005. 229 с.
- Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю.* Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России. 2011. № 4. С. 42–52.
- Селезнев В.А.* Методика оценки и анализа антропогенной нагрузки на реки от точечных источников загрязнения // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2021. Т. 23. № 5. С. 135–143.
- Селезнева А.В.* Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2003. Т. 5. № 2. С. 268–277.
- Симакова М.С.* От визуального дешифрирования аэрофотоснимков и полевого картографирования почв до автоматизированного дешифрирования и картографирования по космическим снимкам // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. № 74. С. 3–19.
- Сороковикова Н.В.* Экологическое нормирование хозяйственной нагрузки на ландшафты // Биогеохимические основы экологического нормирования / В.Н. Башкин, Е.В. Евстафьева, В.В. Снакин и др. М.: Наука, 1993. С. 269–274.
- Стоящева Н.В.* Проблема загрязнения малых рек Кузбасса сточными водами промышленных предприятий // Вестн. КемГУ. 2015. Т. 3. № 4 (64). С. 156–163.
- Цимбалей Ю.М., Андреева И.В.* Учет ландшафтной структуры водосборов при оценке водного баланса водоприемников (на примере бессточной области Обь-Иртышского междуречья) // Изв. АО РГО. 2015. № 1 (36). С. 23–30.
- Шикломанов И.А.* Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 302 с.
- Шикломанов И.А.* Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 334 с.
- Ясинский С.В., Кашутина Е.А., Сидорова М.В., Нарыков А.Н.* Антропогенная нагрузка и влияние водосбора на диффузный сток биогенных элементов в крупный водный объект (на примере водосбора Чебоксарского водохранилища) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 630–648.
- Bibikova T.S.* Comparative analysis of anthropogenic impact on water resources in Russia, Belarus, and Ukraine in the post-soviet period // Wat. Resour. 2011. Vol. 38. № 5. P. 549–556.
- Global water: issues and insights / R. Quentin Grafton, P. Wyrwoll, Ch. White, D. Allendes (Eds.). Canberra: ANU Press, 2014. 239 p.
- Schlosser C.A., Strzepek K., Xiang Gao, Fant C., Elodie Blanc, Paltsev S., Jacoby H., Reilly J., Gueneau A.* The future of global water stress: An integrated assessment // Earth's Future. 2014. Vol. 2. № 8. P. 341–361.
- WWAP (World Water Assessment Program). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO, 2015. 122 p.

Assessment of the Anthropogenic Load on Water Bodies of the Ob–Irtysch Interfluvium: Inventory of Pollution Sources, Comparative Analysis of Direct and Indirect Impacts

I. D. Rybkina¹, *, N. V. Stoyashcheva¹, N. Yu. Kurepina¹, A. V. Golovin¹,
E. Yu. Sedova¹, and O. V. Mashkina²

¹Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS), Barnaul, Russia

²ACTeon, French Consulting and Research Company, Colmar, France

*e-mail: irina.rybkina@mail.ru

Anthropogenic load was assessed using two groups of indicators of direct (organized) and indirect (diffuse) impacts on the example of small rivers in the closed region of the Ob–Irtysch interfluvium. Among the many assessment methods, those that have been tested in geographic and hydrological studies have been selected. Detailing and verification of the results of the assessment was carried out using remote sensing, field research, chemical-analytical and statistical methods. The assessment showed that the main sources of pollution of water bodies are the territories of rural settlements, livestock farms (complexes), areas for walking livestock and poultry, household waste dumps and municipal solid waste, that is, sources of diffuse pollution. There is a higher level of load within the drainless region of the Altai krai in comparison with the Novosibirsk oblast, which is associated with a more intensive development of the agricultural sector of the region's economy. An inventory of sources of anthropogenic impacts by remote sensing methods revealed some difficulties, such as difficulties in determining existing facilities and their uses, a mismatch in the number of livestock complexes identified using the register of organizations and by visual interpretation of space images. The analysis of calculated data on phosphorus and nitrogen loads on individual water bodies is confirmed by estimates based on the results of field hydrological and hydrochemical studies.

Keywords: catchment areas, inventory of pollution sources, livestock farms, phosphorus and nitrogen load, hydrochemical analysis, remote sensing

REFERENCES

- Bibikova T.S. Comparative analysis of anthropogenic impact on water resources in Russia, Belarus, and Ukraine in the post-soviet period. *Water Resour.*, 2011, vol. 38, no. 5, pp. 549–556.
- Danilov-Danil'yan V.I., Losev K.S. *Potreblenie vody: ekologicheskie, ekonomicheskie, sotsial'nye i politicheskie aspekty* [Water Consumption: Environmental, Economic, Social and Political Aspects]. Moscow: Nauka Publ., 2006. 221 p.
- Danilov-Danil'yan V.I., Venitsianov E.V., Belyaev S.D. Some problems of reducing the pollution of water bodies from diffuse sources. *Water Resour.*, 2020, vol. 47, no. 5, pp. 682–690.
- Demin A.P., Bolgov M.V., Filippova I.A. Changes in loads on water resources of the Oka River basin influenced by climatic and anthropogenic factors. In *Nauchnoe obshcheprenie realizatsii "Vodnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda": sbornik nauch. tr. FGBUN Institut vodnykh problem RAN*. [Scientific Support for Implementating the Water Strategy of the Russian Federation for the Period up to 2020: Book of Abstracts, FGBUN Institute of Water Problems of RAS]. Petrozavodsk: RIO KarNC RAN Publ., 2015, pp. 86–93. (In Russ.).
- Demin A.P. Wastewater discharge and pollution of water bodies in the Volga River basin (1990–2018 gg.). *Ekol. Ekon. Inform., Ser. Sistemyi Analiz Modelir. Ekonom. Ekolog. Sistem*, 2020, vol. 1, no. 5, pp. 138–143. (In Russ.).
- Global water: issues and insights*. R. Quentin Grafton, Paul Wyrwoll, Chris White and David Allendes, Eds. Canberra: ANU Press, 2014. 239 p.
- Isachenko A.G. Latitudinal zonality and mechanisms of landscape resistance to anthropogenic impacts. *Izv. Russ. Geogr. O-va*, 1997, vol. 129, no. 3, p. 15. (In Russ.).
- Isachenko A.G. *Ekologicheskaya geografiya Rossii* [Environmental Geography of Russia]. St. Petersburg: SPb-SU Publ., 2001. 328 p.
- Korolev A.A., Rozenberg G.S., Gelashvili D.B., Panyutin A.A., Iudin D.I. Wastewater-based ecological zoning of the Volga basin territory using the basin approach (the case of the Upper Volga). *Izv. Samar. Nauch. Tsentra Akad. Nauk*, 2007, vol. 9, no. 1, pp. 265–269. (In Russ.).
- Koronkevich N.I., Mel'nik K.S. *Antropogennyye vozdeistviya na stok reki Moskvy* [Anthropogenic Impacts on the Moscow River Flow]. Moscow: MAKSS Press Publ., 2015. 168 p.
- Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Kashutina E.A., Mel'nik K.S. Anthropogenic Hydrology: formation, methods, results. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2017, no. 2, pp. 8–23. (In Russ.).
- Korytnyi L.M., Bezrukov L.A. *Vodnye resursy Angaro-Eniseiskogo regiona (geosistemnyi analiz)* [Water Resources of the Angara–Yenisey Region (geosystem analysis)]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1990. 216 p.
- Kochurov B.I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitiye* [Ecodiagnosics and Balanced Development]. Moscow: Madzheta Publ., 2003. 384 p.
- Kochurov B.I., Rodionova A.I., Semenov V.A. Assessing the ecological-economic balance of Kaluga oblast. *Probl. Reg. Ekol.*, 2016, no. 3, pp. 150–156. (In Russ.).
- Mineev V.G. *Agrokhimiya: uchebnik* [Agrochemistry: textbook]. Moscow: Kolos Publ., 2004. 720 p.
- Odesser S.V. Territorial differentiation in economic-geographical typologies. *Izv. Akad. Nauk. Ser. Geogr.*, 1991, no. 6, pp. 61–69. (In Russ.).
- Orlov M.S., Abramova E.A., Shcherba V.A. Assessing anthropogenic loads on waters of river basins in Moscow region and the Crimea. *Geopol. Ekogeodin. Reg.*, 2014, vol. 10, no. 2 (13), pp. 681–684. (In Russ.).
- Otto O.V., Otochkina O.A. Assessment of anthropogenic loads on water bodies of Altai krai. *Geogr. Prirodopol'z. Sibiri*, 2016, no. 21, pp. 125–135. (In Russ.).
- Otsenka vliyaniya khozyaistva na prirodu. Vozdeistvie – izmenenie – posledstviya. T. 1* [Assessing Economy Impacts on Nature. Impact – Change – Consequences. Vol. 1]. Preobrazhensky V.S., Vorachek V., Eds. Brno, 1985. 438 p.
- Potapov A.D. *Ekologiya* [Ecology]. Moscow: Vyssh. Shk. Publ., 2000. 447 p.
- Reilly J., Gueneau A. The future of global water stress: An integrated assessment. *Earth's Future*, 2014, vol. 2, no. 8, pp. 341–361.
- Rumyantsev V.A., Koronkevich N.I., Izmailova A.V., Georgiadi A.G., Zaitseva I.S., Barabanova E.A., Drabkova V.G., Korneenkova N.Yu. Water resources of rivers and reservoirs of Russia influenced by anthropogenic impacts. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2021, vol. 85, no. 1, pp. 120–135. (In Russ.).
- Rybkina I.D. Assessing environmental hazard in municipal systems of Altai krai: *Doc. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Barnaul: Inst. Vodn. i Ekol. Probl., Russ. Akad. Nauk, 2005. 229 p.
- Rybkina I.D., Stoyashcheva N.V., Kurepina N.Yu. Methodology for zoning a river basin territory by total anthropogenic load (the case of the Ob–Irtys basin). *Vodn. Khoz. Ross.*, 2011, no. 4, pp. 42–52. (In Russ.).
- Seleznev V.A. Methodology for assessing and analyzing anthropogenic loads of point pollution on rivers. *Izv. Samar. Nauch. Tsentra Akad. Nauk*, 2021, vol. 23, no. 5, pp. 135–143. (In Russ.).
- Selezneva A.V. Anthropogenic loads of point pollution on rivers. *Izv. Samar. Nauch. Tsentra Akad. Nauk*, 2003, no. 2, vol. 5, pp. 268–277. (In Russ.).
- Simakova M.S. From visual interpretation of aerial photographs and field mapping of soils to automated interpretation and mapping from satellite images. *Bull. of the Soil Inst. named after V.V. Dokuchaev*, 2014, no. 74, pp. 3–19. (In Russ.).
- Sorokovikova N.V. Ecological regulation of economic loads on landscapes. In *Biogeokhimicheskie osnovy ekologicheskogo normirovaniya* [Biogeochemical Basics of Ecological Regulation]. Bashkin V.N., Evstaf'eva E.V., Snakin V.V., Eds. Moscow: Nauka Publ., 1993, pp. 269–274. (In Russ.).
- Stoyashcheva N.V. The problem of pollution of Kuzbass small rivers by wastewaters from industrial enterprises. *Vestn. KemSU*, 2015, vol. 4 (64), no. 3, pp. 156–163. (In Russ.).

- Tsimbalei Yu.M., Andreeva I.V. Consideration of landscape watershed structure in assessing a water balance of water inlets (the drainless Ob–Irtysh interfluvium as a case study). *Izv. Russ. Geogr. O-va*, 2015, no. 1 (36), pp. 23–30. (In Russ.).
- Shiklomanov I.A. *Antropogennye izmeneniya vodnosti rek* [Anthropogenic Changes in River Water Content]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1979. 302 p.
- Shiklomanov I.A. *Vliyaniye khozyaistvennoi deyatel'nosti na rechnoi stok* [Impact of Economic Activity on River Flow]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1989. 334 p.
- Schlösser C.A., Strzepek K., Xiang Gao, Fant C., Elodie Blanc, Paltsev S., Jacoby H., Reilly J., Gueneau A. The future of global water stress: An integrated assessment. *Earth's Future*, 2014, vol. 2, no. 8, pp. 341–361.
- Vasil'ev V.A., Filippova N.V. *Spravochnik po organicheskim udobreniyam* [Handbook of Organic Fertilizers]. Moscow: Rosagropromizdat Publ., 1988. 255 p.
- Vodnye resursy Rossii i ikh ispol'zovanie* [Water Resources of Russia and Their Use]. Shiklomanov I.A., Ed. St. Petersburg: Gos. Gidrol. Inst., 2008. 600 p.
- WWAP (World Water Assessment Program)*. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO, 2015. 122 p.
- Yasinskii S.V., Kashutina E.A., Sidorova M.V., Narykov A.N. Anthropogenic Load and the Effect of Drainage Area on the Diffuse Runoff of Nutrients into a Large Water Body: Case Study of the Cheboksary Reservoir. *Water Resour.*, 2020, vol. 47, no. 5, pp. 810–827. <https://doi.org/10.1134/S009780782005022X>

РАЙОНИРОВАНИЕ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА ПО УСЛОВИЯМ РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕК

© 2023 г. А. А. Куракова*

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: a.a.kurakova@mail.ru

Поступила в редакцию 17.03.2022 г.

После доработки 17.05.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

Размывы берегов средних и больших рек Обь-Иртышского бассейна представляют реальную и потенциальную угрозу для их освоения. Средние скорости размыва берегов на реках бассейна изменяются от 1.2 до 2.4 м/год, максимальные – 2.1–12.7 м/год. При свободных и относительно однородных условиях формирования русел (широкие поймы, сложенные песчаными отложениями) рассматриваемая территория в разных ее частях имеет отличия по режиму стока воды и наносов. С увеличением водоносности, косвенным показателем которой является возрастание порядка рек, повышается интенсивность горизонтальных русловых деформаций. Геолого-геоморфологические условия формирования русла (ширина днища долины и влияние коренных берегов) наравне с гидроклиматическими факторами оказывают влияние на темпы смещения русел. По условиям размыва берегов в Обь-Иртышском бассейне выделяется семь районов, каждый из которых характеризуется различными интенсивностью русловых деформаций и гидролого-морфологическими зависимостями, связывающими показатели скорости и протяженности фронтов размыва берегов с параметрами форм русел и водности потока. Протяженность размываемых берегов и скорости их отступления зависят от формы русла, определяющей гидравлические характеристики потока. Скорости размыва берегов растут с увеличением степени развитости излучин, снижаясь при $l/L > 1.5–1.6$ (l – длина, L – шаг излучин русла и русел рукавов), водности реки и снижаются в ее рукавах из-за рассредоточения стока. Фронт размыва, при прочих равных условиях, длиннее у более пологих излучин. Коренные берега отступают в основном из-за развития оползней и осыпей, провоцируемых воздействием на них потока.

Ключевые слова: русловые процессы, размывы берегов, излучины, разветвления, скорость размыва, фронт размыва

DOI: 10.31857/S2587556623020061, EDN: KFRWCP

ВВЕДЕНИЕ

Изучение размывов берегов, широко распространенных на реках Обь-Иртышского бассейна и создающих реальную угрозу для населенных пунктов и инженерных сооружений, имеет важное научное и прикладное значение (Knighton, 1998; Schumm, 1977). Свободные условия развития русловых деформаций, наличие однородных легкоразмываемых, преимущественно песчано-легкосуглинистых отложений в пределах лесной зоны Западно-Сибирской равнины обуславливают активное отступление берегов вследствие их размыва. Несмотря на это, внимание к этим опасным проявлениям русловых процессов на Оби, Иртыше, в особенности на их притоках, недостаточно. Реки Среднего Приобья были частью Великого водного пути, который вел из г. Тобольска в Китай через Восточную Сибирь (Крутовский, Лыготин, 2001). Поэтому, начиная с XVII в. пери-

одически появлялись описания, съемки и карты русел, в которых, в том числе, отмечались размываемые берега на Кети, Чулыме и Томи (Лыготина, 1989). В XIX в. при строительстве Обь-Енисейского канала проводились дополнительные изыскания правых притоков средней Оби (Кети, Тыма и Ваха) (Крутовский, Лыготин, 2001). В конце XIX – начале XX в. подробные описания и карты рек составлялись для Тобола и Туры (Янышев, 1885). Исследования на реках Томской области, полученные на основе данных стационарных наблюдений в середине XX в., а позднее – анализа аэро- и космических снимков с применением современных ГИС-технологий в настоящее время, посвящены в основном темпам и протяженности размываемых берегов, но без связи их с морфологией русла, его параметрами, характеристиками структуры потока и водного режима (Земцов, Бураков, 1966; Сурков и др., 2018). Ис-

ключение составили отдельные работы по Чулыму, Кети (Вершинин и др., 2018) и Ваху (Коркин, Исыпов, 2018), в которых на отдельных участках этих рек оценивались размывы берегов на излучинах с разными параметрами (длиной, шагом, степенью развитости) и с учетом водоносности рек. Аналогичные исследования выполнялись для рек центра ЕТР со среднегодовыми расходами воды от <50 до >1000 м³/с (Камалова, 1988), малых рек Прибалтики, для которых фиксировались отличия в переформированиях берегов в зависимости от их геологического строения и особенностей водного режима (Эберхардс, 1986). Размывы берегов на двух крупнейших реках бассейна – Оби и Иртыше – рассмотрены в отдельных публикациях (Куракова, Чалов, 2020, 2019). Они посвящены новому подходу изучения закономерностей размыва берегов, основанному на гидролого-морфологическом анализе, позволяющем выявить их зависимости от параметров излучин русла, излучин рукавов раздвоенного русла и русловых разветвлений (эти исследования выполнялись в среднем и нижнем течении Оби) как отражение гидравлической структуры потока при различной водности рек и их рукавов.

Задача данной статьи – дать анализ распространения размывов берегов на крупных притоках Оби и Иртыша, выявить связи между их количественными характеристиками и параметрами излучин, влияние на них гидрологических факторов и других природных условий развития русловых деформаций.

ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования размывов берегов в Обь-Иртышском бассейне были выбраны средние и большие реки, среднегодовые расходы воды которых превышают 100 м³/с, что обуславливает достаточную ширину рек для их дешифрирования, оцифровки и вычисления характеристик размыва берегов при имеющемся разрешении доступных космических снимков (от 10 до 30 м) и временном отрезке от 13–18 до 30–46 лет. Размывы берегов были получены на основе сопоставления разновременных космических снимков серий “Sentinel-2”, “Landsat 4, 5 TM”, “Landsat 7”, “Landsat 1, 2 MSS” за два временных интервала: 1973–1989 и 2001–2006 гг.–2016–2021 гг. Для них применялся новый подход, позволяющий в ускоренном автоматическом режиме в программе ГИС ArcGIS Desktop получить данные о средних ($C_{\text{ср}}$, м/год) и среднмаксимальных ($C_{\text{срmax}}$, м/год) скоростях отступления и протяженности размываемых берегов ($L_{\text{фр}}$, км) (Завадский и др., 2019). Космические снимки также были использованы для получения морфологических параметров излучин – степени

развитости (I/L), радиусов кривизны (r , км) и шагов ($L_{\text{изл}}$, км), используемых при гидролого-морфологическом анализе (Чалов и др., 2004). Разрешение космических снимков, временные интервалы и точность методики определяют пороговое значение определяемых скоростей размыва берегов – от 1 м/год для большинства рек за исключением рр. Тыма и Васюгана, для которых ввиду сравнения небольшого временного интервала (13 и 18 лет) оно составляет 1.5 м/год.

Среди притоков Оби были выбраны следующие реки: Томь (от с. Яр до устья, 120–0 км), Чулым (от с. Зырянское до устья, 400–0 км), Кеть (от устья р. Орловки до устья, 556–0 км), Тым (от устья р. Косец до устья, 311–0 км), Вах (от устья р. Асесьеган до устья, 771–0 км), Тромъеган (от устья р. Нятлонгаягун до устья, 389–0 км), Аган (от устья р. Лагрньеган до устья, 373–0 км), Лямин (от устья р. Лямин 3-й до устья, 277–0 км), Казым (от устья р. Куръех до устья, 444–0 км), Полуй (от истока до устья, 397–0 км), Парабель (от д. Чановка до устья, 246–0 км), Васюган (от с. Катыйлга до устья, 470–0 км), Большой Юган (от устья р. Липикъяха до устья, 294–0 км) и Северная Сосьва (от пгт Игрим до устья, 153–0 км). Среди рек Иртышского бассейна рассматривались Демьянка (от устья р. Большой Куньяк до устья, 311–0 км), Тобол (от устья р. Исеть до устья, 434–0 км), Тура (от устья р. Тагил до устья, 659–0 км), Тавда (от истока до устья, 730–0 км), Конда (от устья р. Вор-Я до устья, 735–0 км). Все они на рассматриваемых участках протекают в пределах лесной зоны в сходных геолого-геоморфологических условиях. Это – равнинные реки с небольшими уклонами, относительно однородным литологическим составом аллювиальных отложений (пески, супеси и легкие суглинки), слагающих пойму и надпойменные террасы (Западная ..., 1963). Все реки в основном свободно меандрируют, часто встречаются спрямленные излучины, образовавшиеся при встречном размыве берегов на их крыльях, реке – прорванные. На многих реках (Томь, Чулым, Кеть, Тым, Вах, Тромъеган, Казым, Полуй, Васюган, Большой Юган, Северная Сосьва, Тура и Конда) встречаются одиночные и пойменно-русловые разветвления, а на Кети, Вахе, Казыме и Конде – раздвоенные русла. Все рассматриваемые реки находятся в зоне избыточного увлажнения: количество среднегодовых осадков варьируется от 400 до 600 мм, снижаясь к северу и к югу (Западная ..., 1963). По водному режиму они относятся к западносибирскому типу [по Б.Д. Зайкову (1946)] – растянутое весеннее половодье, повышенный летне-осенний сток и глубокая зимняя межень (табл. 1).

Во время весеннего половодья, когда проходят руслоформирующие расходы воды $Q_{\text{ф}}$, наиболее интенсивны изменения береговой линии благо-

даря размыву берегов. Для всей рассматриваемой территории они проходят в основном при затопленной пойме, за исключением Томи и Чулыма, на которых Q_{ϕ} проходит в границах пойменных бровок (Чалов, 1979). Отличительной особенностью исследуемой территории является ее заболоченность. Она оказывает влияние на водный режим рек, уменьшает объем поступающих в реки наносов, и, как следствие, – снижение темпов размыва берегов (Евсеев, Земцов, 1990). Важную роль в русловых переформированиях и размывах берегов играют ледовые явления. Так, на р. Томи во время ледохода могут значительно увеличиваться скорости отступления берегов из-за разрушения их льдинами (Беркович и др., 2015). Специфический фактор разрушения берегов – лесные заломы на таежных реках, например, в бассейне р. Кети (Евсеев, Земцов, 1990). Существуют разные взгляды на влияние многолетнемерзлых грунтов на интенсивность переформирования берегов: ограничивающая роль мерзлоты из-за бокового их обрушения при воздействии потока (Чалов, 2008), преобладание глубинной над боковой эрозией (Горбацкий, 1935) и наоборот – исключительность боковой эрозии и значительное ускорение процесса при сезонном оттаивании вечной мерзлоты (Земцов, 1976). Однако в Обь-Иртышском бассейне этот фактор проявляется только на самых северных реках (Полуй, Сосьва и др.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важнейшим фактором, оказывающим влияние на размывы берегов, является сток воды (Hemmelder et al., 2018). Небольшое количество гидрологических постов на изучаемых реках не позволяет провести полноценный анализ связи между характеристиками стока и размывами берегов. В связи с этим использовался косвенный показатель – порядок реки (N). Он характеризует изменение вниз по течению размеров реки и расходов воды. Порядок реки рассчитывался по схеме А.Е. Шайдеггера в интерпретации Н.И. Алексеевского (2004) по формуле $N = \lg_2 P + 1$ (P – количество водотоков с длиной меньше 10 км). Связь между среднесезонными расходами воды ($Q_{\text{ср}}$, м³/с) и порядками рек (N) Обь-Иртышского бассейна описывается по нижней огибающей, в общем соответствия экспоненциальным уравнением вида $Q_{\text{ср}} = ae^{bN}$ (корреляционное отношение – 0.8) (рис. 1), причем для каждой реки можно провести свою зависимость общего увеличения водности при возрастании порядка.

На основе тесной связи между водоносностью ($Q_{\text{ср}}$) и порядком (N) отдельных рек внутри Обь-Иртышского бассейна была создана карта районов, объединяющих реки со схожими условиями

Таблица 1. Характеристики рек Обь-Иртышского бассейна

Река	F , км ²	$Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	$Q_{\text{макс}}$, м ³ /с	N
Томь	62000	1100	13600	15.65
Чулым	134000	785	8220	14.81
Кеть	94200	560	1960	12.78
Тым	32300	250	2000	11.05
Вах	76700	665	3500	11.99
Тромъеган	55600	425	1100	11.42
Аган	32200	275	1000	10.70
Лямин	15900	100	394	9.57
Казым	35600	367	700	11.69
Полуй	21000	132	1270	10.66
Парабель	25500	123	380	11.12
Васюган	61800	345	1300	13.02
Большой Юган	34700	178	1200	11.67
Северная Сосьва	98300	860	6200	12.89
Демьянка	34800	167	1290	11.60
Тобол	426000	810	6350	14.32
Тура	80400	177	3330	12.85
Тавда	88100	462	3250	13.08
Конда	72800	310	2000	11.17

формирования стока воды (рис. 2), проявляющиеся в зависимости $Q = f(N)$. Всего было выделено семь районов, охватывающих бассейны рек: I – Томь и Чулым; II – Кеть, Тым и Вах; III, несмотря на близкие значения между реками, выделяются подрайоны IIIа, объединяющий Тромъеган, Аган и Лямин, и IIIб – Казым и Полуй; IV – Парабель, Васюган, Большой Юган, Тара и Демьянка; V – Тобол, Тура, Тавда; VI – Конда и Северная Сосьва. Данные районы хорошо согласовываются с гидрогеологическим районированием, проведенным В.А. Земцовым (1979), а также каждый из районов имеет свои природные особенности, влияющие на формирование и внутригодовое распределение стока (заболоченность, заозеренность и залесенность). Для I района (Томь и Чулым) характерна достаточно высокая степень залесенности бассейнов (больше 70%) при низкой заболоченности (до 6%) и заозеренности (не более 1%) территории. Во II районе (Кеть, Тым, Вах) при достаточно высокой залесенности бассейнов (62–88%) доля болот в бассейнах при продвижении на север возрастает (с 10 до 38%), а заозеренность составляет от 1 до 3%. У Тромъеган, Аган и Лямин, объединяющиеся в III район, около половины территории бассейнов заболочены (до 55%); они имеют относительно невысокую залесенности бассейнов (не более 30%),

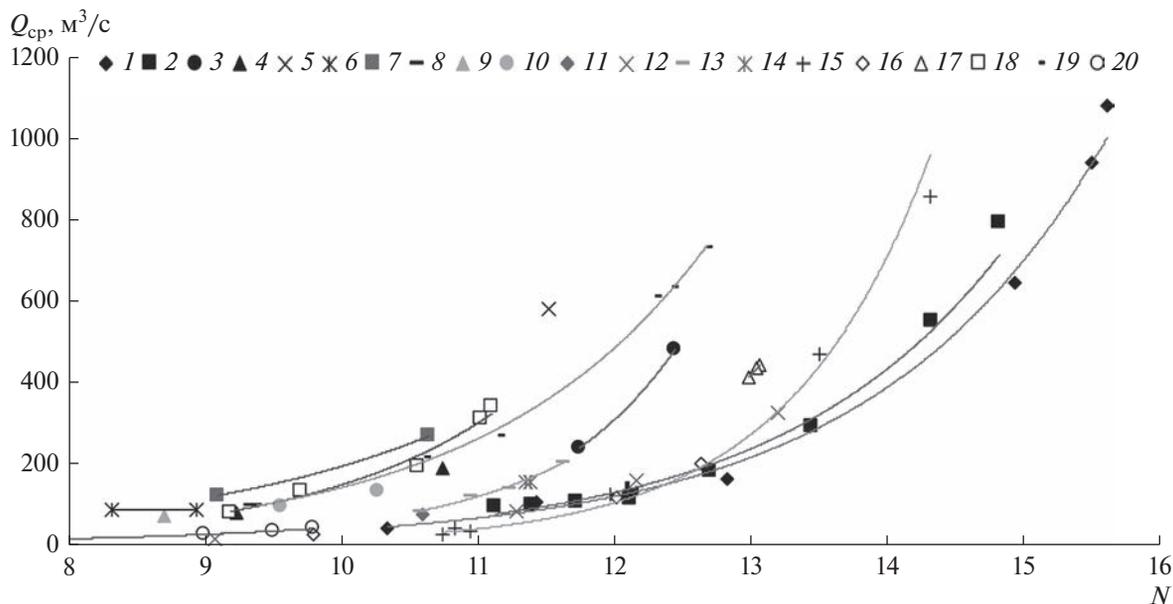


Рис. 1. Связь водоносности ($Q_{ср}$) и порядка (N) рек Обь-Иртышского бассейна.

1 – Томь, 2 – Чулым, 3 – Кеть, 4 – Тым, 5 – Вах, 6 – Тромъеган, 7 – Аган, 8 – Лямин, 9 – Казым, 10 – Полуя, 11 – Парабель, 12 – Васюган, 13 – Большой Юган, 14 – Демьянка, 15 – Тобол, 16 – Тура, 17 – Тавда, 18 – Конда, 19 – Северная Сосьва, 20 – Тара.

а заозеренность изменяется от 14 до 23%. Для самых северных рек – Казыма и Полуя (IV район) лесистость территории составляет около 60% при заболоченности и заозеренности территории в 10 и 3%, соответственно. V район, приуроченный к Обь-Иртышскому междуречью и включающий Парабель, Васюган, Большой Юган и Демьянку, имеет широкий диапазон изменения от бассейна к бассейну степени залесенности (от 45 до 65%) и заболоченности, увеличивающейся с юго-востока на северо-запад (с 35 до 50%), тогда доля озер остается низкой (до 2%). Лесистость бассейнов рр. Тобола и Конды (VI район) составляет от 50 до 70%, заболоченность – до 30%, увеличиваясь с юга на север, а степень заозеренности не превышает 5%.

Коэффициенты a и b в уравнении $Q = ae^{bN}$, описывающее реки каждого района (табл. 2),

Таблица 2. Коэффициенты a и b в уравнении $Q = ae^{bN}$

Район (рис. 2)	a	b
I	0.112	0.586
II	0.425	0.573
IIIa	0.970	0.526
IIIб	2.59	0.382
IV	0.064	0.666
V	0.002	0.929
VI	0.310	0.617

причем a закономерно возрастает по правобережью Оби с юго-востока на северо-запад, захватывая левобережье нижнего Иртыша и нижней Оби, и уменьшается по югу региона с востока на запад. В обратной последовательности изменяется коэффициент b . Отмеченные изменения соответствуют разным условиям формирования стока в Обь-Иртышском бассейне, что связано с изменением количества осадков, степени заболоченности и заозеренности, появлением на севере в бассейне рек многолетнемерзлых пород.

Связь между средними скоростями размыва берегов и порядком рек Обь-Иртышского бассейна описывается возрастающей верхней огибающей зависимости $C_{ср} = f(N)$ (рис. 3).

Средние скорости размывы берегов на реках Обь-Иртышского бассейна изменяются от 1.2 до 2.4 м/год, максимальные – 2.1–12.7 м/год (табл. 3). Наибольшие скорости размыва берегов наблюдаются на правобережных притоках Оби на юго-востоке региона (Томь и Чулым) и на западе (реки бассейна Тобола, Северная Сосьва). Истоки этих рек берут свое начало в горах соответственно в Саяно-Алтайской и Уральской горных систем (Западная ..., 1963).

Геолого-геоморфологические условия играют большую роль в развитии горизонтальных русловых деформаций. Большая ширина дна долины и преимущественно аллювиальные песчано-суглинистые строение пойменных берегов обеспечивают активные смещения русла, тогда как в относи-

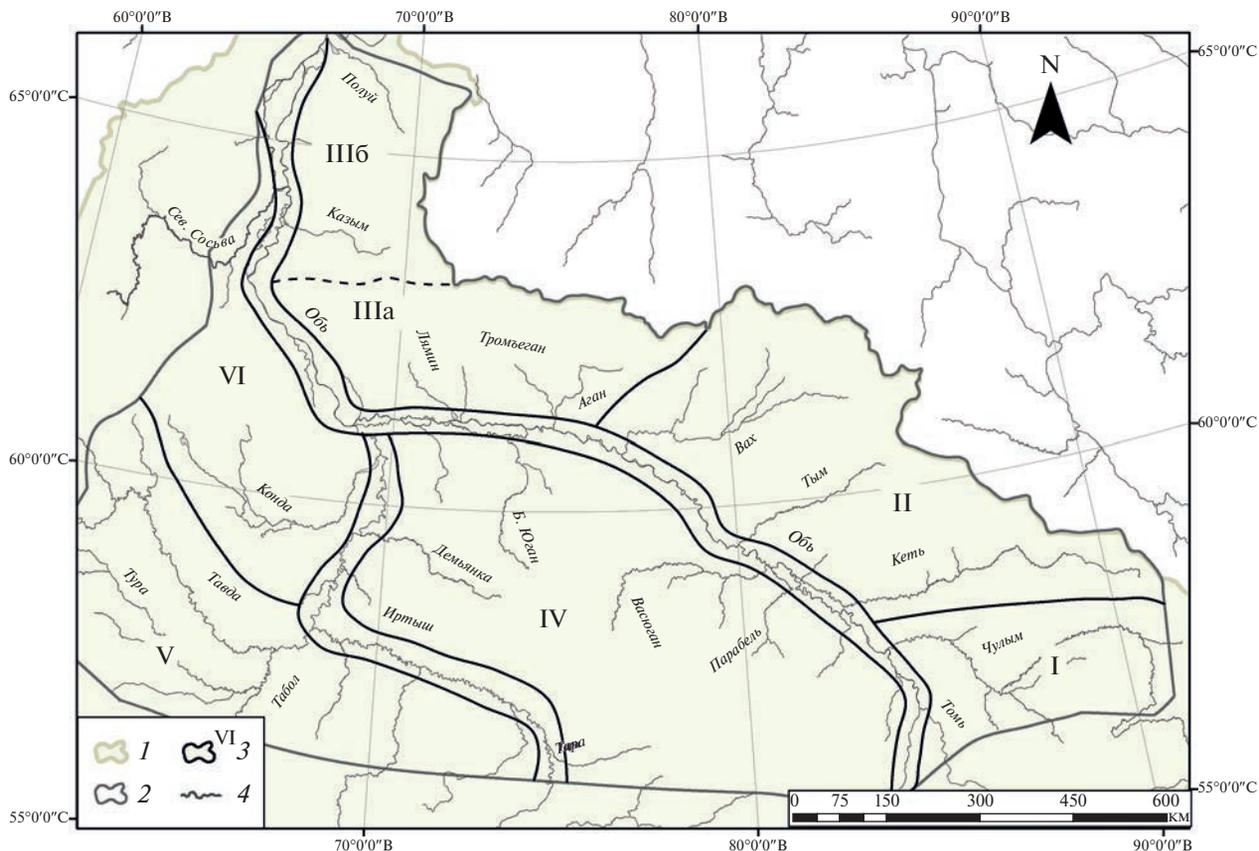


Рис. 2. Условия формирования стока воды на реках Обь-Иртышского бассейна. I–VI – районы, выделенные по связи $Q = f(N)$. 1 – граница Обь-Иртышского бассейна, 2 – равнинная часть лесной зона бассейна, 3 – границы и номера районов, 4 – средние, большие и крупнейшие реки бассейна.

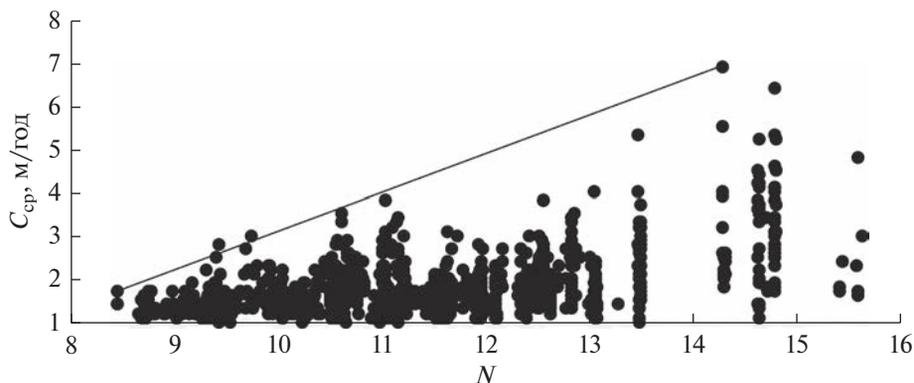


Рис. 3. Связь средней скорости размыва берегов ($C_{ср}$, м/год) и порядка (N) рек Обь-Иртышского бассейна.

тельных сужениях долины (например, соотношение $B_{п}/b_p$ снижается с 9.5 до 4.7, а русло реки становится преимущественно прямолинейным), наоборот, темпы отступления берегов снижаются. Это – следствие наличия коренных берегов, отступление которых обычно связано не с размывающим воздействием непосредственно на них водного потока, а провоцированием им склоно-

вых процессов (оползней, осыпей). Русло реки вдоль коренных бортов долины преимущественно прямолинейное, и размыв пойменных берегов происходит в местах, где поток либо обгибает по-бочни и осередки, либо направляется к ним выступами (мысами) коренных берегов. Если берега представляют собой уступы речных аллювиальных террас, сложенных легкоразмываемыми пес-

Таблица 3. Характеристики размыва берегов на реках Обь-Иртышского бассейна

Район (рис. 5)	Река	Границы рассматривае- мого участка, км	С, м/год			
			среднее	медиана	мода	максимальные
I	Томь	120–0	2.4	1.9	1.5	6.5
	Чулым	400–0	3.3	2.8	1.3	12.7
II	Кеть	556–0	1.9	1.7	1.2	6.2
	Тым	311–0	2.3	2.1	1.7	5.3
	Вах	771–0	1.6	1.5	1.3	3.8
III	Тромъеган	389–0	1.6	1.3	1.1	5.9
	Аган	373–0	1.7	1.5	1.2	8.9
	Лямин	277–0	1.3	1.2	1.1	2.4
IV	Казым	444–0	1.7	1.6	1.4	4.9
	Полуй	397–0	1.4	1.3	1.1	3.1
V	Парабель	246–0	1.2	1.2	1.1	2.1
	Васюган	470–0	2.1	2.0	1.8	4.4
	Большой Юган	294–0	1.5	1.3	1.2	3.4
	Демьянка	311–0	1.4	1.2	1.1	3.3
VI	Тобол	434–0	1.9	1.7	1.4	6.8
	Тура	659–0	2.0	1.7	1.1	6
	Тавда	730–0	2.2	2.0	1.1	7.1
	Конда	735–0	1.7	1.5	1.2	5.2
VII	Северная Сосьва	153–0	2.3	1.9	1.7	6.8

чаными отложениям, то размывы на них могут достигать десятки метров в год, что способствует слив осветленных вод с выклинивающейся непосредственно выше по течению поймы (Чалов, 2008). Но в этих случаях формируются вписанные излучины и отсутствует ограничивающая размывы литология отложений, слагающих террасовые берега.

На рассматриваемых реках ширина дна долины для всех рек преимущественно расширяется к устью, а для некоторых из них (Кеть, Северная Сосьва, Большой Юган и др.) она становится общей с Обью, причем Кеть, Северная Сосьва и Казым, соединяясь с рукавами ее раздвоенного русла, по-существу, становятся их частью, сопоставимой с главной рекой по водности. Но изменение скоростей размыва берегов по длине рек имеют разные тренды (рис. 4). На значительной части рек Обь-Иртышского бассейна (Томи, Тромъегане, Полуде, Большом Югане, Тоболе, Тавде и Северной Сосьве) скорости размыва возрастают к устью, но в самых низовьях снижаются (см. рис. 4а). Это обусловлено резким расширением дна долины, приводящем к растеканию потока половодья по пойме, а зачастую и образованию в устьях озеровидных расширений – соров (на

пример, на Полуде) в результате систематического подпора со стороны Оби. У другой части рек возрастающий тренд сохраняется до самого устья (см. рис. 4б), что согласуется с увеличением расходов воды вниз по течению (Тым, Аган, Казым, Васюган, Демьянка, Тура и Конда). На прямолинейных участках в относительном сужении дна долины некоторых рек скорости размыва снижаются и становятся меньше порогового значения (см. рис. 4б). Еще один вариант – реки, не имеющие какого-либо направленного тренда (см. рис. 4в). На этих реках (Чулым, Кеть, Вах и Лямин) скорости размыва обусловлены изменением по длине параметров излучин (степени развитости, радиусов кривизны и шагов) в зависимости от ширины дна долины, степени разветвленности русла и др.

На основе полученных данных об интенсивности размыва берегов (средние и максимальные скорости размыва в табл. 3) и географической близости, а, соответственно, схожести соседних бассейнов рек составлена карта условий размыва берегов на реках Обь-Иртышского бассейна (рис. 5). Выделено семь районов, включающих реки: I – Томь и Чулым; II – Кеть, Тым и Вах; III – Тромъеган, Аган и Лямин; IV – Казым и Полуй; V – Парабель, Васюган, Большой Юган и Демьянка; VI – Тобол, Тура,

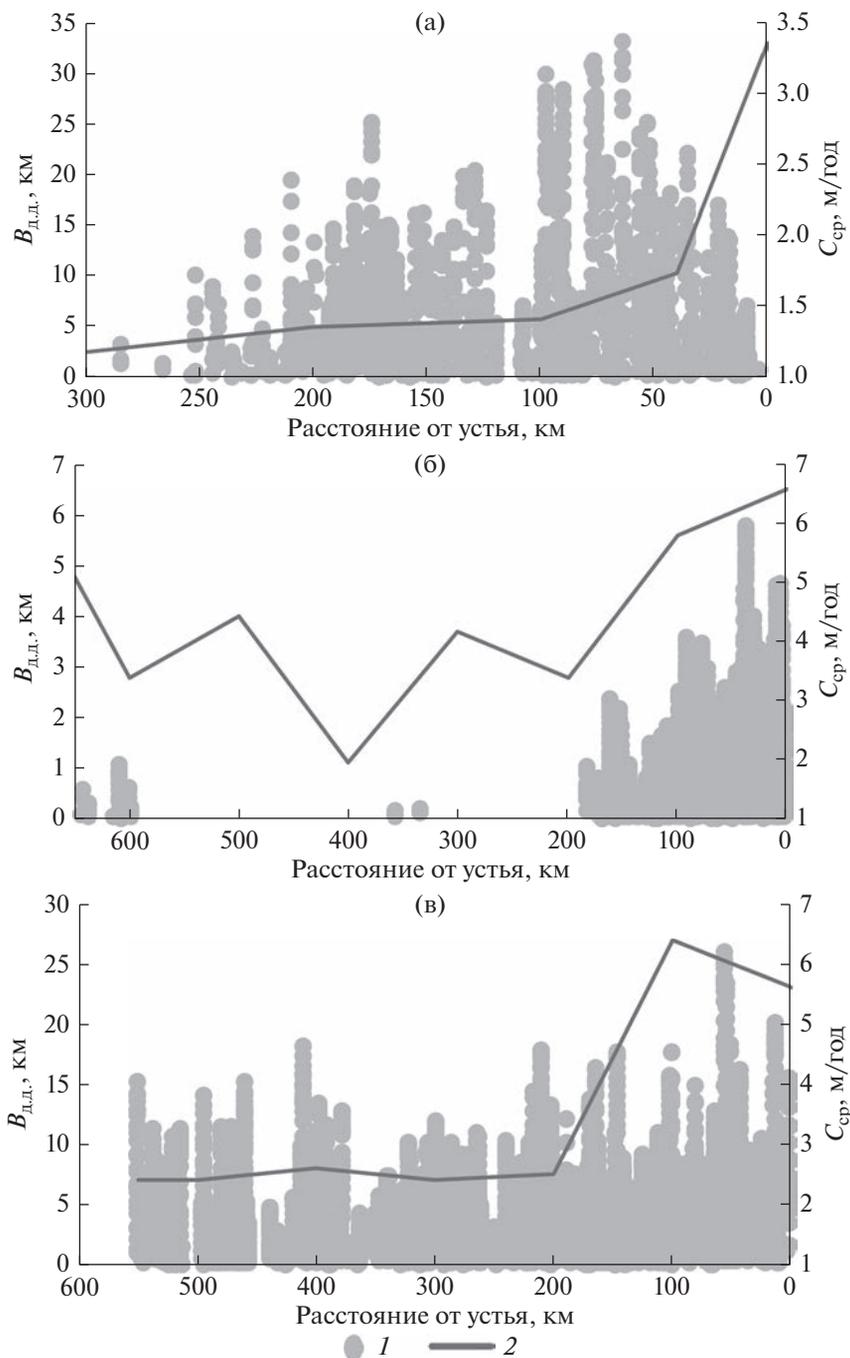


Рис. 4. Изменение средней скорости размыва берегов (1) и ширина дна долины (2) по длине рр. Большой Юган (а), Тура (б) и Кеть (в).

Тавда и Конда; VII – Северная Сосьва. Эти районы в основном согласуются с районами, которые выделены на карте условий формирования стока воды (см. рис. 2), что является дополнительным обоснованием проведенного районирования по условиям размыва берегов, так как сток воды является одним из важнейших факторов размыва берегов. Различия между двумя картами заключаются в том, что Конда объединяется в один район

с реками бассейна Тобола, а Северная Сосьва составляет отдельный район.

Выделенные районы различаются, прежде всего, по темпам размывов берегов. Для I района, включающего крупные правые притоки Томь и Чулым, берущие свое начало в горах, характерны самые высокие скорости смещения русла: средние скорости размыва берегов – 2.4 и 3.3 м/год, максимальные – 6.5 и 12.7 м/год соответственно. На

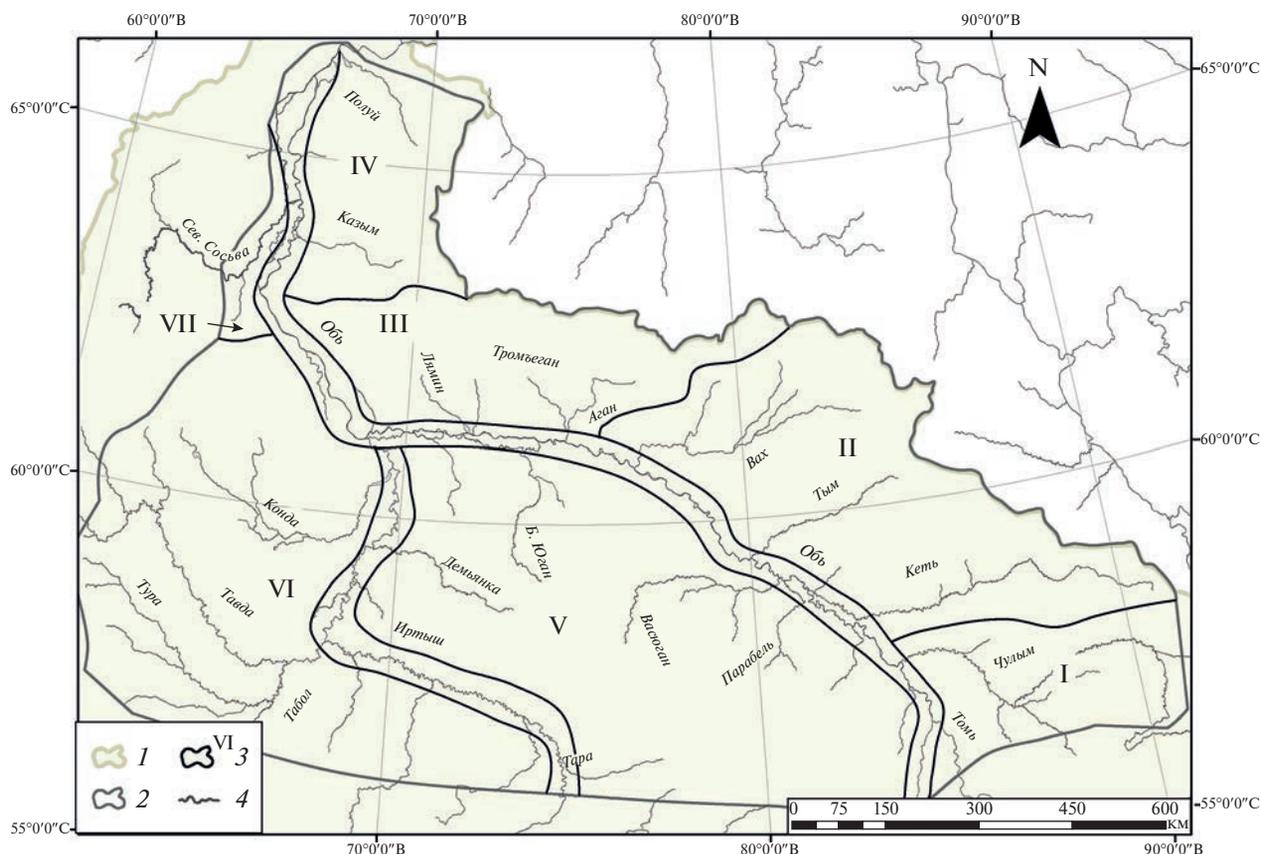


Рис. 5. Условия размыва берегов на реках Обь-Иртышского бассейна. I–VII – районы, выделенные по условиям размыва берегов на основе интенсивности размыва берегов (см. табл. 3), условий формирования стока (см. рис. 2) и географической близости. 1 – граница Обь-Иртышского бассейна, 2 – равнинная часть лесной зона бассейна, 3 – границы и номера районов, 4 – средние, большие и крупнейшие реки бассейна.

северо-запад в пределах II района (Кеть, Тым и Вах) они снижаются, составляя в среднем 1.9 м/год, а среднемаксимальные – от 3.8 до 6.2 м/год. На широтном участке правобережья средней Оби располагается III район, в который входят сильно заболоченные и заозеренные бассейны Тромьегана, Агана и Лямина, скорости размыва уменьшаются до 1.5 м/год в среднем, максимальные колеблются от 2.4 до 8.9 м/год. Самый северный район IV, включающий в себя правые притоки Оби – Казым и Полуй, также характеризуется относительно невысокими средними скоростями – 1.4 и 1.7 м/год, максимальные – не превышают 4.9 м/год. Реки, протекающие по сильно заболоченному Обь-Иртышскому междуречью (Парабель, Васюган, Большой Юган и Демьянка), составляют V район, у которого средние скорости самые низкие (в среднем 1.6 м/год), максимальные достигают лишь 4.4 м/год. VI район объединяет реки бассейна Тобола и левый крупный приток Иртыша – Конду. Для них характерны повышенные средние (от 1.7 до 2.2 м/год) и максимальные (от 5.2 до 7.1 м/год) скорости. VII район включает в себя только Северную

Сосьву, которая на нижнем 153-километровом участке получила субмеридианальное направление и частично течет в общей с Обью долине, сливаясь с ней по пойменным протокам (Лапорская и Пырсим) и крупному рукаву раздвоенного русла – протокой Вайсова. Северная Сосьва имеет среднюю скорость размыва берегов 2.3 м/год, а максимальную – 6.8 м/год.

Рассматриваемые районы также отличаются по зависимостям, связывающим характеристики размыва берегов с параметрами форм русла (излучин русла, излучин рукавов пойменно-русловых и одиночных разветвлений, раздвоенных русел). Гидролого-морфологический анализ позволяет не только выявить особенности развития горизонтальных русловых деформаций на реках, но и использовать полученные связи для неизученных рек и прогнозных оценок русловых деформаций в пределах выделенных районов. Зависимости были получены для всех районов кроме VII, включающего р. Северная Сосьва, из-за малого количества материала по размывам берегов на формах русла, необходимого для проведения анализа.

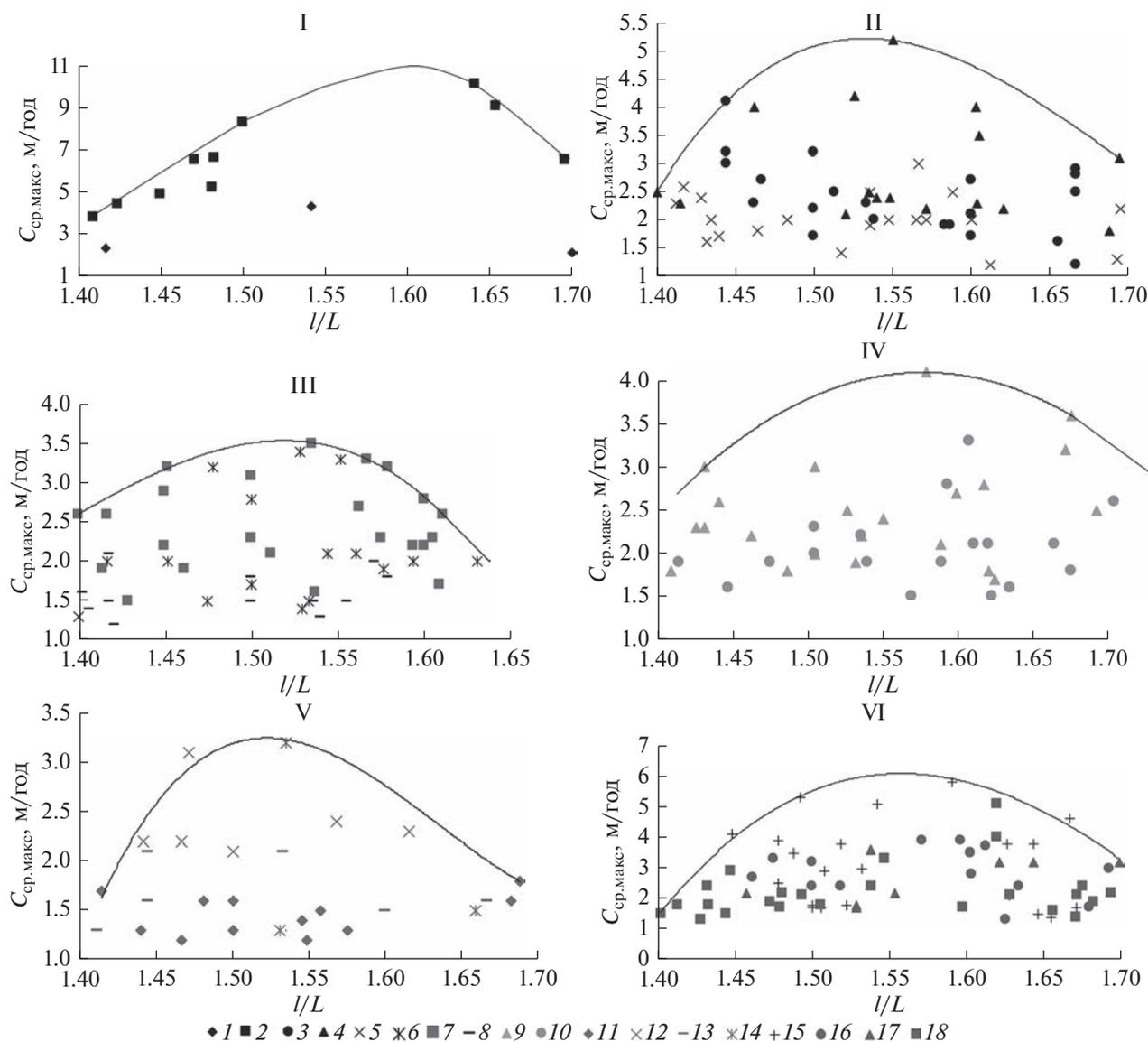


Рис. 6. Связь между степенью развитости (l/L) и средмаксимальной скоростью размыва берегов ($C_{\text{ср.макс}}$, м/год) на формах русла (излучины, изгибы рукавов русловых разветвлений) рек Обь-Иртышского бассейна. I–VI – см. рис. 5. 1–18 – см. рис. 1.

Ключевым параметром излучин русла и излучин рукавов разветвлений является степень их развитости (l/L), определяющая скоростное поле потока и, как следствие, расположение и длину фронта и скорости размыва берегов. Для анализа были выбраны развитые ($l/L = 1.4–1.7$) излучины русла и рукавов разветвлений, которые наиболее полно отражают на данной стадии своего развития условия формирования русла, имеют четко выраженное скоростное поле потока и развитые циркуляционные течения (Чалов и др., 2004). Зависимость $C = f(l/L)$ для развитых форм русла Обь-Иртышского бассейна описывается верхней огибающей (рис. 6). Скорости размыва берегов

возрастают до значений $l/L = 1.5–1.6$, после чего снижаются. Это объясняется тем, что при удлинении извилистой формы русла в ходе ее развития происходит рост потерь напора и утрачивается ее гидравлическая выгодность (Маккавеев, 1955), приводящие к замедлению смещения русла (Попов, 1965; Чалов и др., 2004). При приближении излучин к $l/L > 1.7$ велика вероятность их спрямления за счет образования спрямляющего рукава через шпору во время половодья (Попов, 1965). При этом в основном русле постепенно происходит затухание русловых деформаций, тогда в спрямляющих и развивающих рукавах за счет

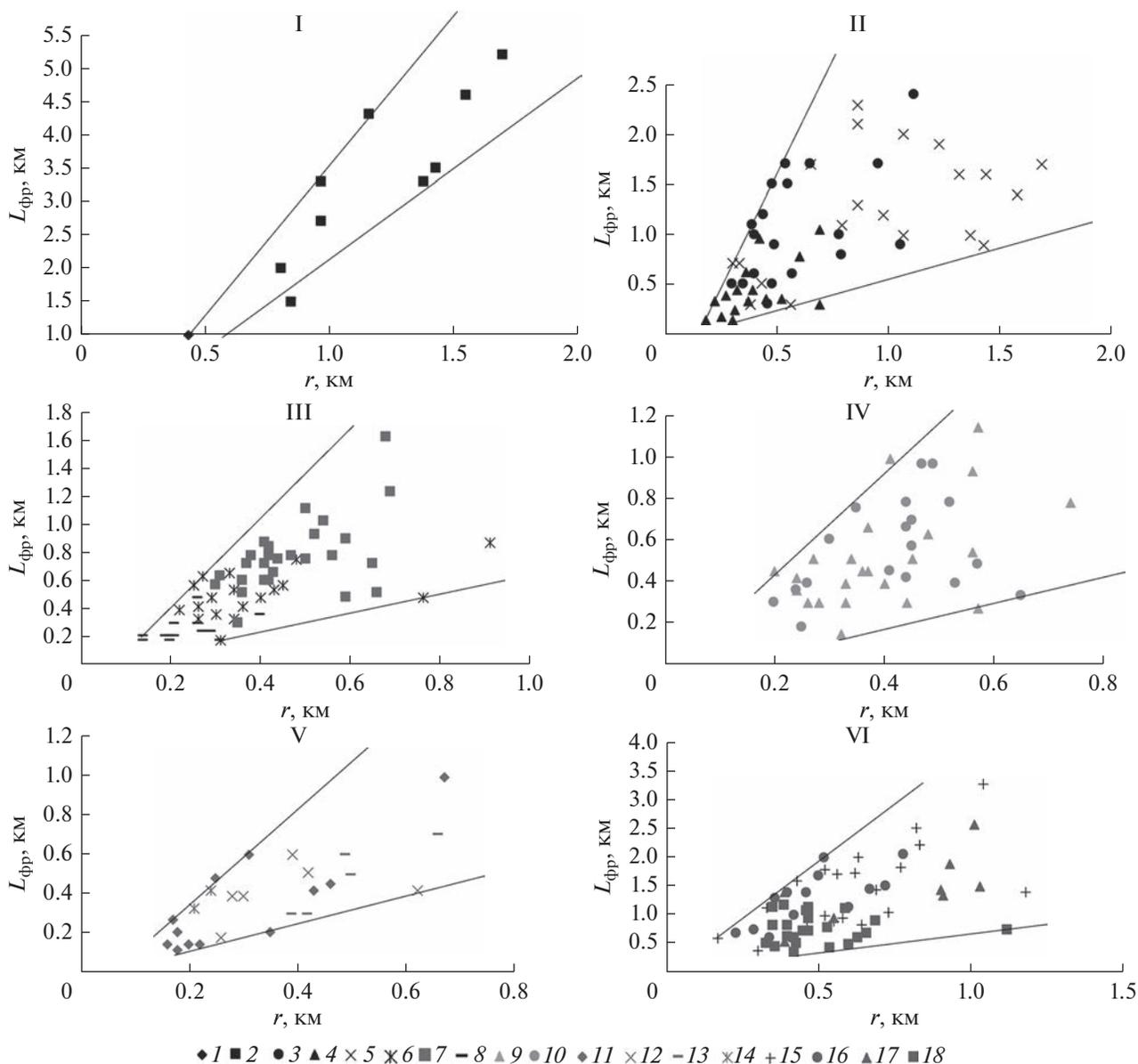


Рис. 7. Связь между радиусом кривизны (r , км) и протяженностью фронта размыва берегов ($L_{фр}$, км) на формах русла (излучины, изгибы рукавов русловых разветвлений) рек Обь-Иртышского бассейна. I–VI – см. рис. 5. 1–18 – см. рис. 1.

увеличения водности размывы берегов возрастают (Чалов и др., 2004).

Каждый район отличается по положению вершины перегиба верхней огибающей как по диапазону l/L от 1.5 до 1.6, так и по величине $C_{ср. макс}$ – от 3.1 до 10.1 м/год что связано с природными особенностями каждого из района.

Другим не менее важным показателем является радиус кривизны r , км. Его связь со скоростью размыва на реках Обь-Иртышского бассейна не проявляется, т.к. сам по себе r зависит от водно-

сти – $r = f(Q)$. Но радиус кривизны r определяет протяженность фронта размыва берегов (рис. 7).

Все районы описываются возрастающими верхними и нижними огибающими (см. рис. 7), показывающими, что у более пологих излучин (с большим r) фронт размыва, при прочих равных условиях, длиннее, чем у более крутых (с меньшими r), а линейные уравнения имеют вид $L_{фр} = ar + b$. Расширение диапазона зависимости $L_{фр} = f(r)$ прослеживается с юга на север по правобережью Оби (районы I–IV) и с востока на запад (районы II, V, VI), что согласуется с условиями

Таблица 4. Коэффициенты a и b в уравнении $L_{фр} = ar + b$

Район (рис. 5)	Верхняя огибающая		Нижняя огибающая	
	a	b	a	b
I	4.46	-0.94	3.43	-0.14
II	4.51	-0.7	0.63	-0.02
III	3.49	-0.31	0.75	-0.02
IV	2.46	-0.06	0.53	-0.02
V	2.38	-0.13	0.68	-0.004
VI	3.92	-0.09	0.56	0.13

Таблица 5. Коэффициенты a и b в уравнении $L_{фр} = aL + b$

Район (рис. 5)	Верхняя огибающая		Нижняя огибающая	
	a	b	a	b
I	2.26	-1.29	1.15	-0.07
II	1.86	-0.5	0.34	-0.12
III	1.5	-0.15	0.56	-0.14
IV	1.03	0.13	0.2	0.05
V	1.02	-0.07	0.3	0.02
VI	1.75	-0.12	0.28	0.14

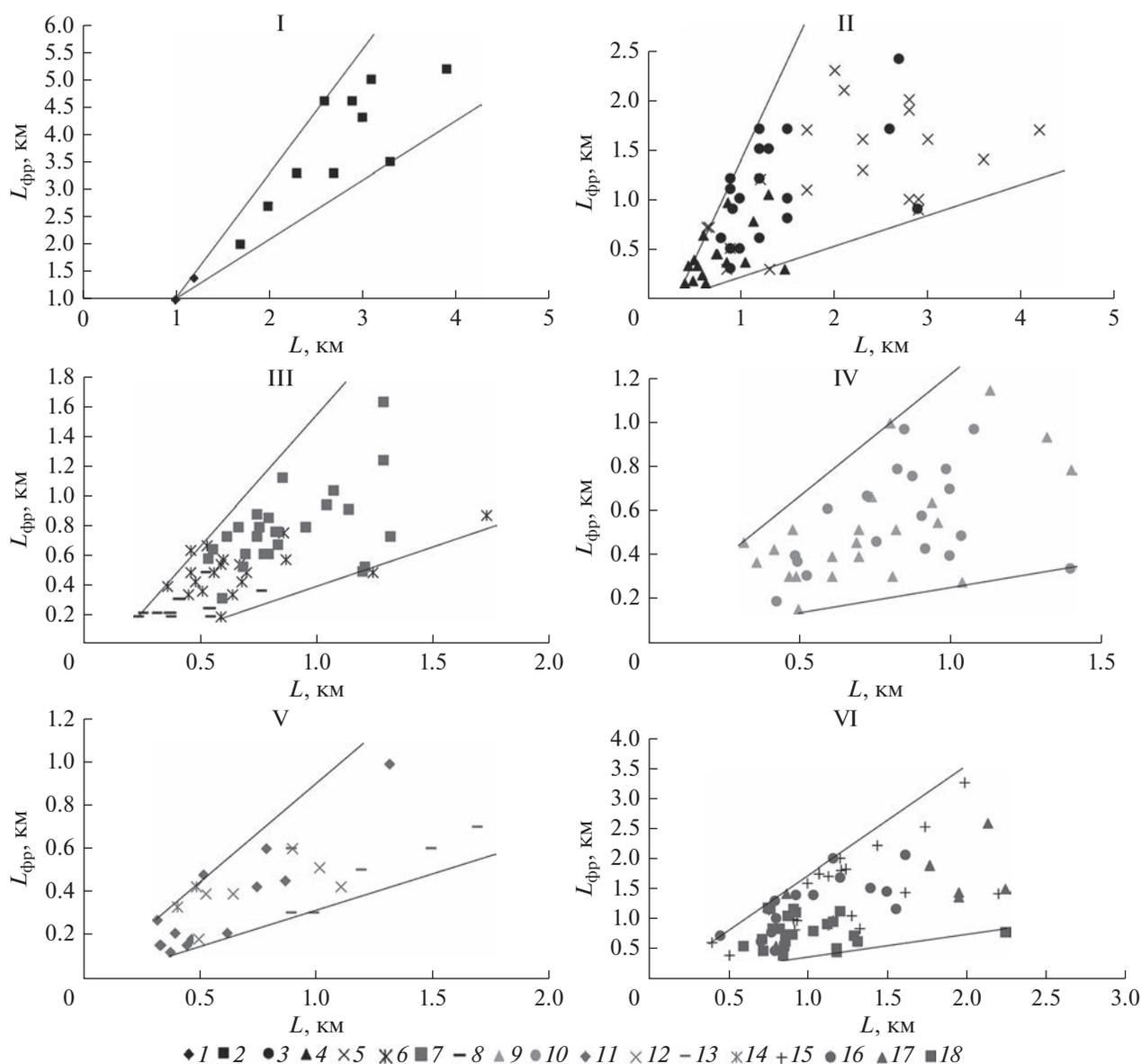


Рис. 8. Связь между шагом (L , км) и протяженностью фронта размыва берегов ($L_{фр}$, км) на формах русла (излучины, изгибы рукавов русловых разветвлений) рек Обь-Иртышского бассейна. I–VI – см. рис. 5. 1–18 – см. рис. 1.

формирования стока воды, т.е. $Q = f(N)$. То же происходит и с изменениями коэффициентов a и b в уравнении $L_{\text{фр}} = ar + b$ (табл. 4).

Коэффициенты верхней огибающей $L_{\text{фр}} = f(r)$ изменяются следующим образом: a — уменьшается на север и вглубь региона (Обь-Иртышское междуречье), b — увеличивается с юга на север и с востока на запад. Для нижней огибающей выявленные колебания в значениях a и b выражены хуже: a имеет отличие только для I района, а для остальных он находится в узком диапазоне (0.53—0.75), тогда как b также растет на север и запад.

Наибольшая протяженность размываемых берегов наблюдается у форм русла с большим шагом (рис. 8).

Как и в случае со связью $L_{\text{фр}} = f(r)$, районы в зависимости между $L_{\text{фр}}$ и L характеризуются возрастающими верхними и нижними огибающими (см. рис. 8), которые описываются линейным уравнением вида $L_{\text{фр}} = aL + b$. Диапазоны значений расширяются к северу (районы I—IV) и западу (районы II, V, VI). Коэффициенты a и b в уравнении $L_{\text{фр}} = aL + b$ представлены в табл. 5.

Коэффициенты верхней огибающей $L_{\text{фр}} = f(L)$ имеют следующие тенденции: a — уменьшается на север и к внутренним районам (Обь-Иртышское междуречье), b , наоборот, увеличивается в этих же направлениях. Для нижней огибающей $L_{\text{фр}} = f(L)$ a значительно отличается только для I района, для остальных он находится в узком диапазоне (0.2—0.56), b понижен для правобережья Оби (I—III районы).

ВЫВОДЫ

Русла притоков Оби и Иртыша формируются в свободных, относительно однородных условиях, где размывы берегов являются повсеместно распространенным явлением. Они не только создают опасность для освоения приречных территорий и водных ресурсов, но и выступают источником поступления наносов в русло, которые аккумулируясь ниже по течению, могут вызывать затруднения для судоходства, снижая гарантированные глубины. Дополнительно на развитие русловых деформаций могут влиять особенности природной среды (мерзлота, лесные заломы, уклоны и т.д.).

Территория Обь-Иртышского бассейна в пределах лесной зоны на основе связи $Q_{\text{ср}} = f(N)$ разделяется на районы по природным условиям формирования стока (климатическим, гидрогеологическим и другим факторам). С ростом порядка реки, т.е. размера и водоносности, интенсивность горизонтальных русловых деформаций увеличивается в среднем с 1.7 до 6.9 м/год (скорости рассчитаны за период с 1970-х годов по настоящее

время). Геолого-геоморфологические условия, проявляющиеся в ширине днища долины и влиянии коренных берегов, наравне с постоянным изменением параметров форм русла и водности, взаимодействием руслового и пойменного потоков в половодья, также оказывают влияние на изменение скоростей размыва берегов по длине рек.

Районирование территории по условиям размыва берегов показывает снижение темпов размыва берегов к северу и к внутренним районам (Обь-Иртышскому междуречью). Протяженность фронтов размыва и скорости на них зависят от извилистости русла, характеризующиеся параметрами (l/L , r , L), которые, в свою очередь, определяют структуру скоростного поля потока и циркуляционные течения. Скорости размыва берегов растут с увеличением степени развитости излучин русла и излучин рукавов разветвлений, снижаясь при $l/L > 1.5$ —1.6. Фронт размыва, при прочих равных условиях, длиннее у более пологих излучин (с большими r и L). Каждый из районов характеризуется гидролого-морфологическими зависимостями, коэффициенты которых изменяются с юга на север и с востока на запад, а также вглубь рассматриваемой территории.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-35-90003/20 — размывы берегов) и РНФ (проект № 18-17-00086 П — размывы берегов на реках с разветвленным руслом, натурные исследования).

FUNDING

The paper is prepared with financial support of the Russian Science Foundation (project no. 18-17-00086 П) and Russian Foundation of Basic Research (project no. 20-35-90003/20).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеевский Н.И., Айбулатов Д.Н., Косицкий А.Г.* Масштабные эффекты изменения стока в русловой сети территории // География, общество и окружающая среда. Т. VI. Динамика и взаимодействия атмосферы и гидросферы. М.: Городец, 2004. С. 345—412.
- Беркович К.М., Вершинин Д.А., Земцов В.А., Рулева С.Н., Сурков В.В., Фролова Н.Л.* Ледовый и русловой режим нижнего течения реки Томи // Эрозионные и русловые процессы. М.: Географ. ф-тет МГУ, 2015. Т. 6. С. 183—198.
- Вершинин Д.А., Земцов В.А., Инишев Н.Г., Тарасов А.С., Домрачев Е.А.* Проблемы русловых процессов рек Западной Сибири и результаты исследования в этой области // Тридцать третья пленар. межвуз. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и

- устьевых процессов: Докл. и краткие сообщ. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2018. С. 30–38.
- Горбацкий Г.В. К вопросу об эрозионной деятельности полярных рек // Землеведение. 1935. Т. 37. № 3. С. 26–34.
- Евсеева Н.С., Земцов А.А. Рельефообразование в лесоболотной зоне Западно-Сибирской равнины. Томск: Изд-во ТГУ, 1990. 242 с.
- Завадский А.С., Чалов С.Р., Чернов А.В., Головлев П.П., Морейдо В.М., Беляков П.А. Морфодинамика русел и баланс наносов рек бассейна Селенги (Монголия–Россия) // Эрозия почв и русловых процессов. М.: Географ. ф-тет МГУ, 2019. Вып. 21. С. 149–170.
- Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение в году по территории СССР // Труды НИУ ГУГМС. Сер. IV. Л.–М., 1946. Вып. 24. С. 67–95.
- Западная Сибирь / под ред. Г.Д. Рихтера. М.: АН СССР, 1963. 488 с.
- Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины: Северная и центральная части. Томск: Изд-во ТГУ, 1976. 353 с.
- Земцов А.А., Бураков Д.А. О деформациях русел Оби и ее притоков // Докл. Ин-та географ. Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, АН СССР. Сиб. отд., 1966. Вып. 13. С. 31–34.
- Земцов В.А. Влияние физико-географических условий на естественную зарегулированность стока рек Западно-Сибирской равнины // Вопросы географии Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1979. Вып. 12. С. 46–58.
- Камалова Е.В. Географические закономерности процессов разрушения берегов на малых и средних реках бассейнов Волги и верхнего Дона: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1988. 22 с.
- Коркин С.Е., Исыпов В.А. Русловые деформации в нижнем течении реки Вах // Тридцать третье пленар. межвуз. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: Докл. и краткие сообщ. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2018. С. 4–10.
- Крутовский А.О., Льготин В.А. Исследования русловых процессов Среднего Приобья // Вопросы географии Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 2001. Вып. 24. С. 469–478.
- Куракова А.А., Чалов Р.С. Морфология русла и размывы берегов Нижней Оби (в пределах ХМАО–Югры) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2020. № 6. С. 41–50.
- Куракова А.А., Чалов Р.С. Размывы берегов на широтном участке средней Оби и их связь с морфологией русла // Географический вестн. 2019. № 3 (50). С. 34–47.
- Льготина Л.П. Из истории изучения природы современной Томской области (дореволюционный период) // Вопросы географии Сибири. Томск: Изд-во ТГУ, 1989. Вып. 18. С. 154–159.
- Маккавеев Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 347 с.
- Попов И.В. Деформация речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 328 с.
- Сурков В.В., Крыленко И.В., Чалова А.С., Головлев П.П., Рулева С.Н. Русловые процессы на р. Чулыме, режим перекатов и рекомендации по оптимизации сроков навигации и улучшению условий судоходства // Тридцать третье пленар. межвуз. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов: Докл. и краткие сообщ. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2018. С. 16–29.
- Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.
- Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 608 с.
- Чалов Р.С., Завадский А.С., Панин А.В. Речные излучины. М.: Изд-во МГУ, 2004. 371 с.
- Эберхардс Г.Я. Основные типы и сезонные переформирования берегов малых и средних свободно меандрирующих рек Средней Прибалтики // Геоморфология. 1986. № 3. С. 85–90.
- Янышев Л.И. Описание рек Туры и Тобола как водных путей сообщения, связывающих систему р. Оби с Екатеринбургско-Тюменской ж. д., по исследованиям 1884–1885 годов // Инженер. СПб.: Мин-ва пут. сообщ., 1885. Т. 3. 32 с.
- Hemmelder S., Marra W., Markies H., De Jong S.M. Monitoring river morphology & bank erosion using UAV imagery – A case study of the river Buëch, Hautes-Alpes, France // Int. J. of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2018. № 73. P. 428–437.
- Knighton A.D. Fluvial Forms and Processes: A New Perspective. London: Arnold, 1998. 383 p.
- Schumm S.A. The fluvial system. N.Y.: Wiley, 1977. 338 p.

Regionalization of the Ob–Irtysch Basin According to the Conditions of Riverbanks Erosion

A. A. Kurakova*

Moscow State University, Moscow, Russia

*e-mail: a.a.kurakova@mail.ru

The article analyzes the patterns of riverbanks erosion of medium and large rivers of the Ob–Irtysch rivers' basin. They have a real and potential threat. The territory in different parts differs in the regime of water and sediment runoff under free and relatively homogeneous free conditions of channel formation (wide floodplains composed of sandy deposits). The increase in the order of rivers, which is an indirect indicator of their water content, leads to the activation and increase in the intensity of horizontal channel deformations. The geological and geomorphological conditions of channel formation (the width of the valley bottom and the in-

fluence of bedrock banks), along with hydroclimatic factors, affect the rate of channel displacement and their re-formation. According to the conditions of river bank erosion, seven regions are distinguished in the Ob-Irtysch basin, each of which is characterized by different intensities of channel deformations and hydrological and morphological dependences that connect their indicators (rate and length of riverbanks erosion fronts) with the channel and water content of the flow. The characteristics of bank erosion (rate and the length of the erosion front) depend on the shape of the channels, which determines the hydraulic characteristics of the flow. Riverbanks erosion rates increase with an increase in the degree of development of the meanders. The water content of the river and decreases in the branches due to the dispersal of the runoff. The washout front, *ceteris paribus*, is longer for flat bends. The bedrock banks recede mainly due to the development of landslides and scree, provoked by the impact of the flow on them.

Keywords: channel processes, riverbanks erosion, meanders, branching, erosion rate, erosion front

REFERENCES

- Alekseevsky N.I., Aibulatov D.N., Kosickii A.G. Large-Scale Effects of Changes in Runoff in the Channel Network of the Territory. In *Geografiya, Obshchestvo i Okruzhayushchaya Sreda. Dinamika i Vzaimodeistviya Atmosfery i Gidrosfery* [Geography, Society, and the Environment. Vol. VI. Dynamics and Interactions of the Atmosphere and Hydrosphere]. Moscow, 2004, pp. 345–412. (In Russ.).
- Berkovich K.M., Vershinin D.A., Zemtsov V.A., Ruleva S.N., Surkov V.V., and Frolova N.L. Ice and channel regime of the lower reaches of the Tom River. In *Erozionnyye i ruslovyye protsessy* [Erosion and Channel Processes]. Moscow: Fakul'tet Geogr. Mosk. Gos. Univ., 2015, vol. 6, pp. 183–198. (In Russ.).
- Chalov R.S. *Geograficheskie issledovaniya ruslovykh protsessov* [Geographic Studies of Channel Processes]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1979. 232 p.
- Chalov R.S. *Ruslovedenie: Teoriya, geografiya, praktika. Vyp. 1. Ruslovyye protsessy: faktory, mekhanizmy, formy proyavleniya i usloviya formirovaniya rechnykh rusel* [Theory, Geography, Practice. Vol. 1. Channel Processes: Factors, Mechanisms, Forms and Conditions of Channel Formation]. Moscow: LKI Publ., 2008. 608 p.
- Chalov R.S., Zavadskii A.S., Panin A.V. *Rechnye izluchiny* [River Meanders]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2004. 371 p.
- Eberhards G.Ya. The main types and seasonal transformation of the banks of small and medium meandering rivers of the Middle Baltic. *Geomorfologiya*, 1986, no. 3, pp. 85–90. (In Russ.).
- Evsheva N.S., Zemtsov A.A. *Rel'efoobrazovanie v lesobolotnoi zone Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Relief Formation in the Forest-Bog Zone of the West Siberian Plain]. Tomsk: TGU Publ., 1990. 242 p.
- Gorbatskii G.V. On the issue of erosion activity of polar rivers. *Zemlevedenie*, 1935, vol. 37, no. 3, pp. 26–34. (In Russ.).
- Hemmelder S., Marra W., Markies H., De Jong, S.M. Monitoring river morphology & bank erosion using UAV imagery – A case study of the river Buëch, Hautes-Alpes, France. *Int. J. Appl. Earth Obs. and Geoinf.*, 2018, no. 73, pp. 428–437.
- Kamalova E.V. Geographical patterns of coastal destruction processes on small and medium rivers of the Volga and Upper Don basins. *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1988. 22 p.
- Knighton A.D. *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. London: Arnold Publ., 1998. 383 p.
- Korkin S.E., Isypov V.A. Channel deformations in the lower reaches of the Vakh River. In *Tritsats' tret'e plenar. mezhvuz. soveshch. po probleme erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov: Dokl. i kratkie soobshch.* [Thirty-third Plenary Interuniversity Meeting on the Problem of Erosion, Channel and Estuarine Processes: Reports and Brief Communications]. Nizhnevartovsk: NVGU Publ., 2018, pp. 4–10. (In Russ.).
- Krutovskii A.O., L'gotin V.A. Studies of channel processes in the Middle Ob. *Vopr. Geogr. Sib.*, 2001, vol. 24, pp. 469–478. (In Russ.).
- Kurakova A.A., Chalov R.S. Channel morphology and bank erosion in the lower reaches of the Ob River (within the Khanty-Mansi Autonomous Okrug). *Vest. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2020, no. 6, pp. 41–50. (In Russ.).
- Kurakova A.A., Chalov R.S. Shores erosion within latitudinal section of the middle Ob and its correlation with morphology of the channel. *Geogr. Vestn.*, 2019, vol. 50, no. 3, pp. 34–47. (In Russ.).
- L'gotina L.P. From the history of studying the nature of modern Tomsk oblast (pre-revolutionary period). *Vopr. Geogr. Sib.*, 1989, vol. 18, pp. 154–159. (In Russ.).
- Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* [River Bed and Erosion in Its Basin]. Moscow: AN SSSR, 1955. 347 p.
- Popov I.V. *Deformatsii rechnykh rusel i gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [River Channel Deformations and Hydraulic Engineering]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1965. 328 p.
- Schumm S.A. *The fluvial system*. New York: Wiley Publ., 1977. 338 p.
- Surkov V.V., Krylenko I.V., Chalova A.S., Golovlev P.P., and Ruleva S.N. Channel processes on the Chulyum River, riffle regime and recommendations for optimizing navigation time and improving navigation conditions. In *Tritsats' tret'e plenar. mezhvuz. soveshch. po probleme erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov: Dokl. i kratkie soobshch.* [Thirty-third Plenary Interuniversity Meeting on the Problem of Erosion, Channel and Estuarine Processes: Reports and Brief Communications]. Nizhnevartovsk: NVGU Publ., 2018, pp. 16–29. (In Russ.).
- Vershinin D.A., Zemtsov V.A., Inishev N.G., Tarasov A.S., Domrachev E.A. Problems of channel processes in the rivers of Western Siberia and the results of research in this area. In *Tritsats' tret'e plenar. mezhvuz. soveshch. po*

- probleme erozionnykh, ruslovykh i ust'evykh protsessov: Dokl. i kratkie soobshch.* [Thirty-third Plenary Interuniversity Meeting on the Problem of Erosion, Channel and Estuarine Processes: Reports and Brief Communications]. Nizhnevartovsk: NVGU Publ., 2018, pp. 30–38. (In Russ.).
- Yanyshev L.I. Description of the Tura and Tobol rivers as waterways connecting the system of the river. Ob from the Yekaterinburg–Tyumen railway according to research in 1884–1885. In *Inzhener* [Engineer]. St. Petersburg: Min-va put. soobshch. Publ., 1885, vol. 3, 32 p.
- Zaikov B.D. Average runoff and its distribution per year on the territory of the USSR. *Tr. NIU GUGMS*, 1946, vol. 4, no. 15, pp. 67–95. (In Russ.).
- Zapadnaya Sibir'* [Western Siberia]. Rihtera G.D., Ed. Moscow: AN SSSR, 1963. 488 p.
- Zavadskii A.S., Chalov S.R., Chernov A.V., Golovlev P.P., Moreido V.M., Belyakov P.A. Morphodynamics of channels and sediment balance of rivers in the Selenga basin (Mongolia–Russia). In *Eroziya pochv i ruslovye protsessy* [Soil Erosion and Channel Processes]. Moscow: Fakul'tet Geogr. Mosk. Gos. Univ., 2019, vol. 12, pp. 149–170. (In Russ.).
- Zemtsov A.A. *Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoi ravniny (severnaya i tsentral'naya chasti)* [Geomorphology of the West Siberian Plain (Northern and Central Parts)]. Tomsk: TGU Publ., 1976. 353 p.
- Zemtsov A.A., Burakov D.A. On the Deformations of the Channels of the Ob River and Its Tributaries. In *Dokl. In. geograf. Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Reports of the Institute of Geography of Siberia and the Far East]. Irkutsk: AN SSSR. Sib. Otd. Publ., 1966, vol. 13, pp. 31–34. (In Russ.).
- Zemtsov V.A. The influence of physical and geographical conditions on the natural regulation of river flow in the West Siberian Plain. *Vopr. Geogr. Sibiri*, 1979, vol. 12, pp. 46–58. (In Russ.).

УДК 81;373.21

ТОПОНИМИЧЕСКИЕ ПЛАСТЫ МЕЖДУРЕЧЬЯ ЦНЫ И ДОНА КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО ИЗВЕСТНЫХ И НЕУЧТЕННЫХ НАРОДОВ ЮГО-ВОСТОКА ДРЕВНЕЙ РУСИ

© 2023 г. Ю. Ю. Гордова^а, *, О. А. Мудрак^а

^аИнститут языкознания РАН, Москва, Россия

*e-mail: gordova@iling-ran.ru

Поступила в редакцию 16.06.2022 г.

После доработки 01.12.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

В статье дается обзор и лингвистический анализ основных топонимических пластов территории современной Тамбовской области, на которой в прошлом проживали народы, говорившие на финно-угорских, тюркских и иранских языках. Цель исследования — установление последовательности заселения региона через выявление языковой принадлежности географических наименований и соотнесение выявленных пластов с известными этносами. Топонимическая реконструкция показала, что помимо русского пласта (Ржавец, Студенец, Осино-Гай), в междуречье Цны и Дона выделяются: пласт мордовских названий (Савала, Вяжля, Кужля, Липляй, Мерляй), связанный со временем проживания в регионе мордвы-мокши; пласт тюркских названий (Карачан, Карай, Беклемишево, Чекмари, Талдыкин Барак, Сабуровка, Якутино), восходящий, в том числе, к кипчакам (половцам); пласт иранских названий (Исорок, Кензарь, Ломовис, Каланда, Неги), находящий объяснение на материале осетинского языка. Этот язык считается последним представителем сарматских наречий, ранее имевших распространение на всей территории Северного Причерноморья. Долгое время он развивался обособленно и потому сохранил в себе архаичные черты, но при этом подвергся сильно-му влиянию соседних языков. По всей видимости, иранские топонимы отражают период проживания в Почежье и Подонье ранее неучтенного народа, поиски которого должны стать предметом дальнейших исследований, не только топонимических, но и археологических. Обилие топонимов, и прежде всего гидронимов, относящихся к притокам первого–третьего порядков, в бассейнах рр. Хопёр и Цна указывает на многочисленное в этом ареале население, говорившее на языке, близком современному осетинскому. Новые лингвистические материалы по этимологии тамбовских топонимов, представленные в статье, помогают воссоздать топонимический и исторический ландшафт юго-востока Древней Руси.

Ключевые слова: тамбовская топонимия, междуречье Цны и Дона, мордовский язык, осетинский язык, тюркские языки, топонимический атлас

DOI: 10.31857/S258755662302005X, EDN: KFQFRZ

ВВЕДЕНИЕ

Древние этнические и языковые ареалы часто не соответствуют современному распространению народов. В некоторых случаях такие ареалы можно выделить по историческим свидетельствам, реже — по культурным артефактам, собранным археологами и этнографами. Необходимо учитывать, что при историческом и археологическом подходе всегда отмечается некоторый элемент случайности, связанный с обнаружением или необнаружением значимых компонентов реконструкции при исследовании конкретного ареала. В какой-то мере, надежнее привлекать языковые данные ввиду их консервативности и объективности (независимости от конкретного носителя языка). Следы предыдущего населения

могут сохраняться в языке народа, пришедшего ему на смену. Чтобы выявить эти следы, в сравнительно-историческом языкознании проводится анализ языковых заимствований в конкретном языке. В этой связи особый интерес представляет группа лексики, включающая собственные наименования географических объектов. При появлении в регионе нового населения, носителя другого языка, такие имена довольно часто сохраняются в адаптированном виде, хотя не имеют никакого толкования внутри нового языка. Анализ и языковое соотнесение географических наименований являются предметом исследования особой отрасли языкознания — топонимики. При изучении иноязычного названия первый шаг — установление апеллятива, от которого образован

топоним, соотнесение апеллятива с конкретной языковой семьей или группой. А заключительный шаг — определение конкретного языка, из которого пришло заимствование. Этимологическое и ареальное изучение топонимов дает возможность высказать предположения о зонах проживания тех или иных народов в прошлом.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ И ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уже многие годы лингвистами ведется работа по составлению региональных топонимических атласов, которые в дальнейшем должны стать частью общероссийского топонимического атласа. Работа над атласом предполагает выявление и описание основных пластов, образующих современную систему географических имен России. В ходе многолетних исследований установлено, что в топонимии европейской части страны присутствуют названия тюркского, финно-угорского, иранского, балтийского и, конечно, русского происхождения.

Один из регионов, где указанные языковые группы топонимов обнаруживают себя довольно явно, — Тамбовская область; с 2020 г. группой ученых ведется работа по составлению топонимического атласа этого региона. С географической точки зрения его территория интересна тем, что она относится к бассейнам двух крупных рек: Хопра (притока Дона) и Оки (притока Волги). Здесь протекают притоки Дона первого и второго порядка: Воронеж, Битюг, Ворона, а окский бассейн представлен в основном реками верхнего течения Цны (левый приток Мокши — правого притока Оки). На территории области также находятся истоки малых притоков окских рр. Прони и Пары, протекающих преимущественно по соседней Рязанской области. Тамбовская территория относится к зоне лесостепи и двум ее подзонам: “северной” (северная часть области) и “типичной” (южная часть области). Каждая природная подзона предопределяет различие топонимических ландшафтов.

Понятно, что в тамбовской топонимии, помимо русских названий, должны присутствовать финно-угорские и тюркские топонимы в соответствии с ареалами современного распространения этих народов. Однако предстояло выявить и еще один пласт — иранский, наличие которого предполагалось, но специальных исследований по этой теме не было. Отдельные наименования, которые связывались как с иранскими, так и с тюркскими и финно-угорскими языковыми источниками, рассматривались большей частью в работах региональных ученых: П.Я. Горбунова (1962, 1969), А.С. Щербак (2016, 2020), В.Н. Дмитриевой (2002; Дмитриева, Щербак, 2001), Н.И. Дудника (2002; Горбунов, Дудник, 1981).

Однако эти исследования имели, скорее, фрагментарный характер, в связи с чем не позволяли оценить количественный и качественный состав выявленных и предполагаемых языковых пластов в общей топонимической системе регионов Польша и Подонья.

В последние десятилетия лингвистами были получены новые данные о языках и лексических заимствованиях в них. Это привело к необходимости пересмотра устоявшихся этимологий в отношении ряда известных гидронимов Оки и Дона, например, таких как Хопёр, Битюг, Ломовис, а также топонимов, традиционно считающихся тюркизмами, но при этом содержащих иранские лексические элементы, что, в свою очередь, приводит к пересмотру вопроса их принадлежности к тому или иному языковому пласту. В конечном итоге, новые лингвистические данные могут существенно поменять наше представление об истории заселения междуречья Цны и Дона, границах районов распространения средневековых народов, зонах влияния степных кочевников и степени этого влияния на топонимический ландшафт подконтрольных им земель.

Предпосылками для пересмотра существующих представлений и поиска нового объяснения для отдельных названий и их групп в Пощенье и Подонье служат также исторические и археологические факты, которые в свете указанных обстоятельств могут получить иную оценку. В частности, известно, что в начале Нового времени здесь проходил важный торговый путь: “Вдоль р. Ворона проходила и *Хоперская дорога*”; “*Хоперская дорога* (1668 г.) — от города Тамбова на р. Хопер” (Отин, 2011, с. 275), этот путь должен был кем-то контролироваться и кем-то обслуживаться. Предпосылки к пересмотру сложившейся топонимической картины связаны с присутствием в междуречье Оки и притоков Хопра отдельных археологических культур (в частности борщевской археологической культуры), которые еще не получили надежной интерпретации, но могли быть оставлены носителями разных языков. Установление последнего вопроса, безусловно, не входит в задачи археологии, но все же интересует лингвистов: топонимистов и специалистов по финно-угорским, тюркским и иранским языкам.

Данные обстоятельства определили главную цель нашего исследования — установление последовательности заселения региона через выявление языковой принадлежности географических наименований и соотнесение выявленных пластов с известными этносами.

Таблица 1. Количественное распространение и процентное соотношение иноязычных топонимов в бассейнах рр. Савала, Ворона, Цна

Бассейн реки	Топонимический пласт	Водные объекты, ед./%		Урочища, ед./%		Селения, ед./%		Итого, ед.
		ед.	%	ед.	%	ед.	%	
Савала	Мордовский	1	17	—	—	1	10	2
	Осетинский	3	50	—	—	8	80	11
	Кыпчакский	2	33	—	—	1	10	3
Ворона	Мордовский	6	22	—	—	4	11	10
	Осетинский	19	70	—	—	21	55	40
	Кыпчакский	2	8	—	—	13	34	15
Цна	Мордовский	39	53	17	40	21	39	77
	Осетинский	31	42	14	32	19	35	64
	Кыпчакский	4	5	12	28	14	26	30

ИСТОЧНИКИ МАТЕРИАЛА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основным источником по местным топонимам является каталог топонимов Тамбовской области (Гордова и др., 2022). Также в качестве источников материала использовались: топографические карты XIX и XX вв. (Тамбовская губерния ..., 2021; Тамбовская область ..., 1998)¹, каталоги “Гидронимия бассейна Оки (список рек и озер)” Г.П. Смолицкой (1976) и “Гидронимия Дона” Е.С. Отина (2011, 2012), Реестр географических названий Тамбовской области (по состоянию на 05.10.2020)², разнообразная краеведческая литература.

В ходе исследования применялись лингвистические методы: языковой атрибуции топонимического материала, структурно-семантический, словообразовательный, этимологический, ареальный, статистический. При рассмотрении топонимов использовался бассейновый подход, то есть учитывались их локализация и соотносённость с бассейном той или иной реки.

При помощи структурно-семантического и словообразовательного методов анализировалась структура топонима, в нем выделены важнейшие структурные элементы (топонимический корень, формант, суффикс). Это позволяет восстановить путь образования имени от первичного слова и используемые при этом “строительные” морфемы. Данные методы дают возможность сгруппировать все рассматриваемые топонимы по типам и в дальнейшем проводить анализ уже по выявленным структурным группам и моделям (типо-

вым образцам), например: топонимы с финальными элементами *-ляй/-лей, -ур, -ус*.

Метод языковой атрибуции топонимического материала и этимологический метод позволяют установить происхождение субстратных (дорусских) топонимов региона и их принадлежность к тому или иному языку путем соотнесения присутствующих в топониме морфем (преимущественно топонимических корней) с лексикой того или иного языка при учете возможных фонетических и морфологических изменений.

Ареальный метод дает возможность определить районы распространения выявленных групп топонимов по указанной территории, понять их расположение относительно друг друга, распределение территории между разными языковыми группами, тяготение к бассейнам рек.

Статистический метод необходим для понимания количественного и процентного соотношения названий трех выявленных языковых групп, а также их продуктивности в гидронимии, ойконимии, микротопонимии. На основе полученных данных составлена таблица (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате этимологического анализа топонимической лексики Тамбовской области удалось выделить несколько языковых пластов географических наименований. В первую очередь были рассмотрены топонимы *бассейна р. Цны* (левого притока р. Мокши бассейна р. Оки), а также топонимы *бассейнов рр. Савала и Ворона* (правых притоков р. Хопёр бассейна р. Дон). Во всех группах присутствуют названия водных объектов (рек, ручьев, озер и т.д.) и названия населенных пунктов. В первой группе, кроме упомянутых наименований, отмечены названия урочищ и выделяющихся ландшафтных объектов, входящих в подгруппу микротопонимов.

¹ Также использованы данные сервиса Яндекс-карты: <https://yandex.ru/maps/-/CCUQvDERdD> (дата обращения 30.10.2020).

² Реестр зарегистрированных в АГКГН географических названий населенных пунктов на 05.10.2020. Тамбовская область. <https://cgkipd.ru/science/names/reestry-gkggn.php> (дата обращения 20.10.2020).

Основные топонимические пласты междуречья Цны и Дона. Наиболее мощный пласт наименований — русский. Это не удивительно с учетом доминирования здесь русского населения. Топонимы этой группы, имеющие прозрачную этимологию (*Ржавец, Студенец, Серп, Ярославка, Осиногай, Зеленый Бор, Рябой Яр* и т.д.), игнорируются как немаркированные. Интерес могут представлять только случаи моделей наименований, имеющие параллели в других языках. Ср. русское название р. *Ворона* (правый притока Хопра), где топоним связан, скорее, не с наименованием птицы, а с прилагательным *вороной*, и названия р. *Карачан* (правый приток р. Хопёр) — кыпч. **qara-ča* “черненький, нечто черное”, р. *Карай* (левый приток р. Ворона), пруд *Карайский* (левый приток р. Баклуша) — осет. *къæрæу* “темный цвет воды (из-за прозрачности воды)”.

Около 250 названий бассейна упомянутых рр. Цна, Савала и Ворона не этимологизируются на материале русского языка, но для них находят приемлемые этимологии в трех других языках. Эти пласты выглядят следующим образом: мордовский пласт, отражающий мокшанскую, а не эрзянскую норму (что вполне естественно), иранский (осетинский) пласт и тюркский — кыпчакский — пласт, отражающий язык, похожий на татарский и мишарский без позднего развития гласных.

Мордовский пласт представлен многочисленной группой названий с регулярными финальными элементами *-ляй, -ля, -ель*: *Виникляй* (левый приток р. Хмелина), *Козляй* (ручей, правый приток р. Дальняя Кёрша), *Липляй* (ручей, левый приток р. Цна), *Липляйка (Ржавец)* (ручей, приток р. Цна), *Мерляй* (ручей, правый приток р. Цна), *Мишляйка (Мошляйка)* (ручей, правый приток р. Цна), *Нигаляй/Нагаляй* (левый приток р. Хмелина), *Вяжля* (левый приток р. Ворона), *Кевля* (левый приток р. Кермись), *Парля* (правый приток р. Цны), *Рысля* (правый приток р. Моршевка), *Андель* (приток р. Раевка), *Индель* (приток р. Кермись) и многие другие (Гордова, 2021, с. 426; Гордова и др., 2021, с. 632–633; Девяткина, 2020).

В тюркском пласте лексики присутствуют арабо-персидские заимствования в кыпчакском освоении чужеродной фонетики, что указывает на их появление с середины XIV в., т.е. со времени распространения мусульманства в Золотой Орде при хане Озбеке. Ср. пос. *Сабуровка* (правый берег р. Нюдевка) (деревня) от мусульманского личного имени *Сабур* из араб. *ṣabūr* “терпеливый, выносливый”; с. *Якутино* (правая сторона р. Ржавка) — кыпч. **jaqit* из араб.-перс. *jāḥūt* “яхонт”; ур. *Муратово* (верховья р. Липовица) — от мусульманского имени *Мурат* из араб. *turād* “желание, стремление; цель”; пос. *Завьяловка*

(левый берег р. Пичаевка, Пичаевский р-н) при тат. *зэвал* “предел” из араб.-перс. *zawāl* “исчезновение, гибель”.

В осетинском пласте наименований данного ареала присутствуют не только исконные иранские слова, но и освоенные заимствования из кавказских языков нахско-дагестанской семьи в осетинской фонетике. Это значит, что распространение осетинской миграции в данном ареале шло с юга, где возможны были языковые контакты с кавказскими этносами. И следует говорить именно об осетинском пласте лексики, в который входят как исконные иранские, так и заимствованные слова. Ср. следующие названия: руч. *Хохулинский* (левый приток р. Бурначка) с вариантом *Хохулин* (1899) (здесь и далее: в скобках указан год издания документа, в котором зафиксирован тот или иной вариант топонима, по данным каталога Е.С. Отина (2011, 2012)), левый приток р. *Хохулька* (1899) — осет. *хохолæг* “теснина; водоворот”, *хохо* “водоворот”; пос. *Моздок* (левый и правый берег р. Вязовка — правый приток р. Савала) (деревня Уваровского р-на) — осет. *Мæздæг* г. Моздок, диг. *мæздæг* “чашоба, глушь, дебри, глухомань”; р. *Мучкан* (1932), *Мучкан* (1862) (левый приток р. Ворона) — диг. *мухцæ* “сухая канава на боковине горы; водоворот”; ур. *Мисихорское* (верховья реки, болото) — диг. *мæицъор бот*. “плющ ползучий” и др.

Количественные данные. Количественное распространение иноязычных названий рассматриваемых рек показано в табл. 1. В ней произведена разбивка по бассейнам и по языковым пластам. Там же дано процентное соотношение иноязычных топонимов внутри каждой из групп. Серой заливкой обозначены максимумы. Проведенные подсчеты являются предварительными; они могут измениться по завершении исследований, но общая картина распределений уже видна сейчас и вряд ли будет подвержена существенной коррекции.

Финно-угорский (мордовский) топонимический пласт. Этимология названий. Преобладание мордовской (мокшанской) топонимии в бассейне р. Цна (левый приток Мокши) абсолютно естественно. Ср. названия: *Кашавский* пруд (часть течения р. Песчанка) — морд. *кяшевомс* “зарастать травой”, р. *Ленгас* (правый приток р. Кермись) — морд. *ленгя* “лыко”, *-с* напр. падеж, т.е. “за лыком”; р. *Лештавка* (правый приток р. Цна) — морд. *лестяф* “обольщенный; успокоенный”; р. *Орьев* (левый приток р. Выша) — морд. *орва* “омут”; р. *Пулька* (левый берег р. Цна) — морд. *пуль* “пыль”; р. *Пячка* (левый берег р. Разавка) — морд. *пяцькави* “маркий”, *пяцькамс* “пачкать; залить (чернилами)”; р. *Пяшколь* (левый приток р. Цна) — морд. *пяшкодемс* “наполнить, переполнить”, *пяшк-се* “наполненный”, р. *Шамерляй* (левый приток р. Кёрша) — морд.

шаймарь “клюква”; ур. *Шатюшино Болото* (правый берег ручья) — морд. *шайдйише* “осока”; пос. *Карница* (правый берег р. Цна) (поселок), ур. *Карница* (правый берег р. Цна) — морд. *кярня* “лубок”, пос. *Алкужи* (левый берег р. Пичаевка) — село Моршанского р-на — морд. *ал* “низ”, *ала* “нижний”, *кужа* “поляна”, пос. *Ваново* (правый берег р. Вобша) село Моршанского р-на — морд. *ванома* “наблюдение”; пос. *Кулеватово* (левый берег р. Цна и правый берег р. Челновая) — морд. *кулу* (мн. -*уфт*) “зола, пепел”; пос. *Можаровка* (левая сторона руч. Липовый) деревня Кирсановского р-на — морд. *модяряви* “маркий”; пос. *Перикса* (левый берег р. Цна) (село) — морд. *перяфкс* “изгородь, забор” и др.

В бассейнах двух других рек мордовские топонимы встречаются нечасто; среди них интересно название правого притока Хопра — *Савала* (*Совала*, *Сувала*) — морд. *сува-мс* “войти, въехать, вступить; просочиться, затечь (о воде)”, где как вторая часть фигурирует обычное *ляй* “река”. Для эрз.-морд. параллели *сова-мс* также отмечено значение “войти в русло (о реке)”, что довольно хорошо соотносится с названием притока. Ср. мордовские топонимы в бассейне других рек: р. *Вяжля* (левый приток р. Ворона) река: *Вяжля* (1859), *Вяжля*, с. *Вяжля* (левый берег р. Вяжля), р. *Вяжель* (правый приток р. Вяжля) — морд. *вежляв* “бойкий, шустрый, проворный”; р. *Кужное озеро* (правая сторона р. Ворона) — морд. *куженя* “полянка”; р. *Нюдевка* (правый приток р. Ворона), р. *Нюдевка* ручей (левый приток р. Нюдевка) — морд. *нюди*, *нюдикс* “тростник”; пос. *Рымарёво* (в районе р. Осиновка, правый приток р. Савала) — морд. *рамай* “покупатель”, *рама-мс* “покупать” и др.

Иранский (осетинский) топонимический пласт. Этимология названий. Вторым по распространенности пластом топонимов в бассейне р. Цна является осетинский. Сюда может входить и само название р. *Цна* (левый приток Мокши) — диг. *цина* “осадок”, ирон. *цына* “минеральный осадок (от реки, источника)” (одна из предлагаемых этимологий для данного гидронима, наряду с балтийской и славянской), а также такие названия, как р. *Исорок* (левый приток р. Разазовка) — диг. *иссор ун* “высушиться, высохнуть”; р. *Кензарь* (левый приток р. Цна) — диг. *киндзаг* “девушка на выданье”, *киндзаг* “невестка, сноха” с архаичным на-правительным показателем *-ри*, ср. село *Кензарь-Бабино* в верховье этой реки; р. *Большой Ломовис* (левый приток р. Большая Кашма), *Большой Ломовис* (XIX в.) (Смолицкая, 1976, с. 251), р. *Малый Ломовис* (левый приток р. Большой Ломовис) — диг. *лаэми* “болотистое место, поросшее камышом”, диг. *уес* т.ж. *ес* “хворостина, прут; лоза”; р. *Разазовка* (правый приток р. Серп, Вобша) — осет. *раз* “перёд, передняя сторона; рядом, около”, диг. *азун* “давать приют, лелеять, ласкать, кормить”;

ур. *Зинякин Буерак* (правый берег р. Цна) балка — диг. *гэзнаг* т.ж. *знаг* (мн. ч. *гэзнагтæ*) “враг”; ур. *Каланда* (левая сторона р. Разазовка), лесной массив около пруда Пожарный — диг. *кæлæндонæ* “заколдованное место”; ур. *Большая Лагутина* (правый берег р. без названия), балка — диг. *лагу-ат* “развалина; калека; разрушенный”; ур. *Неги* (левый берег р. Чичерка) — диг. *нигæ* “каменистая почва, покрытая растительностью (у берега реки); старое русло реки”; пос. *Казывань* (левый берег р. Казычка) — диг. *хæзбун* “тростниковая заросль”; пос. *Куксово* (в районе р. Ржавец, левый берег р. Цна) — диг. *кæхуци* “промах (удар, выстрел мимо цели); неудача; препятствие”; пос. *Большие Пады* (правый берег р. без названия) — диг. *фæд* “след; колея”.

В бассейне Хопра — р. *Бурначка* (правый приток р. Савала) (ручей, ср. там же с. Грязнуха, руч. Калешня) — диг. *буройнæ* “мусор, труха, осколки”; р. *Иноковка* (левый приток р. Ворона), также *Нюковка* — диг. *нокæ* “лощина; желоб, желобок”; р. *Исан* (часть р. Волочила) (1708) — диг. *исафун* “терять в разн. знач.; губить; уничтожать”, *исæфт* “пропажа; потеря, утрата; гибель”; р. *Калагановка* (левый приток р. Ворона) — диг. *кæлагæ* “проливающийся; сыплющийся”; *кæлгæ* “проточный”, *кæлгæ цадаг* “проточное озеро”; р. *Оржевка* (левый приток р. Ворона) — диг. первая часть сложения *æрдзе-гъуд* “осадок” при второй части *худун* “затон; запруда; омут; водоворот; тупик в русле реки (куда прячутся рыбы)”; оз. *Рамза* (левый берег р. Ворона) — диг. *рамеzun* “просочиться, протечь; помочиться”; р. *Ростань* (правый приток р. Баклуша) — осет. *раст-*, *рæст-* “правый, правильный”; р. *Чигорак* (левый приток р. Ворона) — осет. *цагъарахъ*, *цагъарахъ* “пуша; дубовая роща; кустарниковая роща на берегу реки”; дер. *Ржаксо-Семеновка* (левый берег р. Савала, Ржаксинский р-он) — диг. *æрдзуассæ ун* “освоиться, акклиматизироваться”; раб. пос. *Тамала* (правый берег р. Вяжель) — диг. *тæмæл* “смесь золы и жира, из которой варили мыло”; с. *Чикаревка* (левый берег р. Савала, Жердевский р-н) — диг. “счастье” в фольклорном обороте *цикорай* (*фæрдуг*) “(бусина) счастья” и др.

К осетинскому топонимическому пласту верхнего и среднего течения Цны могут быть отнесены (с разной степенью уверенности) некоторые из тамбовских названий: *Тяньга*, *Раев*, *Гуд*, *Ракша*, *Разазовка* и др. Этимологии нуждаются в дальнейшей проверке.

Тюркский топонимический пласт. Этимология названий. Тюркские (кыпчакские) названия этого ареала характерны, в первую очередь, для урочищ и поселков, что может указывать на позднее время их появления, когда гидронимическая сеть региона уже сложилась. Ср. дер. (2) *Беклемищево* (левая сторона р. Карай и правый берег р. Кала-

иск), пос. *Новое Беклемищево* (правая сторона р. Большой Ломовис) — кыпч. **bekle-miš* “запертое, замкнутое”; пос. *Коньшовка* (левый берег р. Вяжля) — кыпч. **qonış* “место ночлега”; разъезд *Базево* (левая сторона р. Умолка) — тат. *баз* “погреб; яма, ров”; пос. *Чичкановский* (левый берег р. Савала) — кыпч. **čičqan* “свинья”; овраг *Талдыкин Барак* (нижняя часть р. Кариан) — тюрк. **tol-duq bajraq* “наполненный овраг”; пос. *Чекмари* (верховья ручья) (второе имя *Солдатская Вихляйка*, 1719) — тюрк. **šoqtar* “дубина” и др. Однако в бассейне р. Савала отмечаются сразу два названия рек — р. *Елань* (правый приток) — рус. *елань, ялань* “луг, поляна, просторная просека в лесу” < тюрк. **jalaŋ* “поле, долина, равнина” (Фасмер, 1986, с. 13), р. *Токай* (правый приток р. Савала) — кыпч. **toqaj* “лес в долине реки”. Судя по семантике названий, первоначальной была номинация именно ландшафтных объектов, окружающих водоемы. В бассейне р. Вороны присутствуют однокоренные р. *Чечера* (правый приток р. Вышенка), р. *Чичерка* (левый приток р. Челновая), пос. *Чичерино* (верховья р. Липовица), р. *Чичёр* (левый приток р. Сурава) — тат. *чәчрә* “брызги, брызгать” (по одной из предлагаемых этимологий, наряду с балтийской и славянской версией происхождения топонима).

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование показало, что иноязычные названия, локализующиеся в бассейнах Дона (прежде всего его притоков: Хопра, Вороны, Савалы) и Цны, усвоенные русской топонимической системой, могут быть успешно этимологизированы на материале мокшанского, тюркского кыпчакского, осетинского языков. Предложены новые этимологии для большой группы тамбовских топонимов, которые ранее объяснялись на материале иных языков, в частности, приведено большое количество осетинских этимологий для названий, традиционно считающихся тюркизмами, что существенно меняет наши представления о последовательности заселения региона и зонах распространения народов, в том числе кочевых, в прошлом. Обращает на себя внимание то, что значимые рр. *Дон* и *Хопёр* (род. *Хопра́*) также имеют осетинскую этимологию — осет. *дон* “вода; река”, *хæппæр* (*хæпп-*) “плевок, мокрота”. Осетинское слово *дон* имеет параллелью только авест. *dānu-* “река”, а в других иранских языках не отмечено. Это слово в названиях рек фиксируется в памятниках при смене топонимической традиции в наименованиях рек Причерноморья в середине I тыс. н.э. (Абаев, 1958, с. 366–367). Осет. *хæппæр*, по мнению В.И. Абаева, “звукоизобразительное” (Абаев, 1989, с. 174), но оно является

кавказизмом, отражаемым в бацб. *ħabor* “плесень”, рут. *hibir-* “тина”. По народному преданию, “в этих местах жил старик Хопёр. Шел он как-то степью и увидел, как из земли бьют 12 ключей” (там же), что указывает на связь названия с характеристикой воды и что образно переосмысливает топонимическая легенда.

В эту же группу попадает и название р. *Битюг* (левый приток р. Дон) — диг. *бетинзун* (*бетигъд*) “расширяться”. Эта река имеет приток *Битюжок*. Значимо, что “характерной особенностью реки Битюг является наличие озеровидных расширенных русла. Они имеют ширину от 50 до 70 м, длину от 500 до 900 м и глубину 6–8 м”³. Сближения топонима с тюрк. **bitü*, **bitew* “верблюд”, рус. *битюг* “порода лошадей” плохи по своим значениям и явно вторичны.

Для понимания распространения группы осетинских названий важно учитывать, что к этому гидронимическому пласту относятся не только названия *Дона*, главной реки региона, а также его крупного притока *Хопра*, но и названия донских притоков первого, второго и третьего порядка — т.е. рек, принимающих тамбовские притоки уже следующих уровней: *Панда*, *Калаис*, *Битюг*, *Ржакса*, *Самовец* и некоторые другие.

Обилие осетинских топонимов, и прежде всего гидронимов, в бассейнах рр. Хопёр и Цна указывает на значительное количество в этом ареале населения, говорившего на языке, близком современному осетинскому. Судя по количеству лексики и по прижившимся названиям рек, данное население присутствовало здесь до прихода тюрков и, возможно, до освоения этих территорий восточными славянами. Не исключено, что существовавший на этих территориях в начале Нового времени торговый путь — Хоперская дорога (Отин, 2011, с. 275) — во времена Хазарии контролировался населением, говорившем на осетинском языке. На это косвенно может указывать и особая борщевская археологическая культура, присутствующая в междуречье Оки и притоков Хопра. Процентные языковые составляющие для топонимов междуречья верхней части Дона и Оки и более точная картина заселения региона и его распределения между носителями разных языков могут быть получены только после комплексного изучения топонимии Воронежской и

³ Река Битюг и ее природные особенности. http://ecosystema.ru/03programs/irsh/gd_rekabitug.htm (дата обращения 15.06.2022).

Липецкой областей, что является предметом дальнейших исследований.

Список сокращений и условных обозначений

бот.	ботаническое
г.	город
д.	деревня
мн.ч.	множественное число
н.п.	населенный пункт
пос.	поселок
предп.	предположительно
р.	река
р-н	район
род.	родительный падеж
руч.	ручей
с.	село
совр.	современная (форма)
ур.	урочище
* (при лексеме или топониме)	реконструированная форма

Языки и диалекты

авест.	авестийский
араб.	арабский
бацб.	бацбийский
диг.	дигорский
иран.	иранский, иранские
ирон.	иронский
кыпч.	кыпчакский тюркский
морд.	мордовский (мокшанская норма)
мокш.	мокшанский
осет.	осетинский (дигорская норма)
перс.	персидский
рус.	русский
рут.	рутульский
скифо-сарм.	скифо-сарматские
тат.	татарский
тюрк.	тюркский
эрз.	эрзянский

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-012-00196 “Топонимический атлас Тамбовской области”.

FUNDING

The study was funded by RFBR, project no. 20-012-00196 “Toponymic Atlas of the Tambov Region.”

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абаев В.И. Историко-этимологический словарь осетинского языка. М.—Л.: Наука, 1958. Т. I. 655 с. Л.: Наука, 1989. Т. IV. 326 с.

Горбунов П.Я. К вопросу о топонимах Тамбовской области // Вопросы краеведения в школах и педагогических институтах. Тамбов, 1962. С. 165—175.

Горбунов П.Я. Словарь топонимов и гидронимов Тамбовской области // Вопросы вузовского и школьного краеведения. Тамбов, 1969. С. 197—199.

Горбунов П.Я., Дудник Н.И. Природа Почежья в названиях поселений, рек и урочищ // Почежье. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981. С. 155—160.

Гордова Ю.Ю., Девяткина Е.М., Мельник В.И. Топонимы финно-угорского происхождения с финалями -ля, -(е)ль на территории Тамбовской области // Вестн. угроведения. 2021. Т. 11. № 4. С. 632—640.

Гордова Ю.Ю., Мельник В.И., Гордов А.В. Каталог топонимов Тамбовской области. М.: ЛЕНАНД, 2022. 127 с.

Гордова Ю.Ю. Ономастическая реконструкция: Поэтапное воссоздание истории рязанской топонимии и антропонимии. М.: ЛЕНАНД, 2021. 488 с.

Девяткина Е.М. Финно-угорский субстрат в гидронимии Тамбовской области (словообразовательный анализ) // Современные исследования социальных проблем. 2020. Т. 12. № 6. С. 49—62. <https://doi.org/10.12731/2077-1770-2020-6-49-62>

Дмитриева Л.И. Топонимы Тамбовской области: культурно-социальный аспект / авт.-сост. Л.И. Дмитриева, А.С. Щербак / отв. ред. Л.И. Дмитриева. Тамбов: Изд-во ТГУ, 2002. 53 с.

Дмитриева Л.И., Щербак А.С. Ономастика Тамбовской области. Опыт энциклопедии: в 2-х ч. Тамбов: Изд-во Тамбов. ун-та, 2001. Ч. 1. 113 с.

Дудник Н.И. Региональные ландшафтные особенности Тамбовской области // Вестн. ТГУ. 2002. Т. 7. Вып. 1. С. 119—124.

Отин Е.С. Гидронимия Дона: в 2-х т. Донецк: Юго-Восток Лтд, 2011. Т. I. Верхний и Средний Дон. 574 с.

Отин Е.С. Гидронимия Дона: в 2-х т. Донецк: Юго-Восток Лтд, 2012. Т. II. Нижний Дон. 791 с.

Смолицкая Г.П. Гидронимия бассейна Оки. Список рек и озер. М.: Наука, 1976. 454 с.

Тамбовская губерния 1860—1862. Топографический межевой атлас Александра Ивановича Менде. Масштаб: 1 : 84000. http://www.etomesto.ru/mer-tambov_mende/ (дата обращения 26.01.2021).

Тамбовская область. Топографическая карта: состояние местности на 1984—1997 гг. / подгот. к печати 439 ЦЭ ВКФ в 1997 г. / ред. И. Ерошкин, В. Андреев. Масштаб 1 : 200000. М.: ВТУ ГШ, 1998. 32 с.

Фасмер М. Этимологический словарь русского языка: в 4-х т. М.: Прогресс, 1986. Т. 2. 671 с.

Щербак А.С. Атрибутивность составных топонимов // Ономастика Поволжья: Материалы XVIII Междунар. науч. конф. В 2-х т. Кострома, 2020. Т. 1. С. 135—140.

Щербак А.С. Мордовские элементы в топонимии Тамбовской области // Ономастика Поволжья: Материалы XV Междунар. науч. конф. / под ред. Л.А. Климовой, В.И. Супруна. Арзамас—Саров: Интерконтакт, 2016. С. 216—220.

Toponymic and Linguistic Layers of the Interfluvium of the Tsna and the Don Rivers as Evidence of Known and Unrecorded Peoples of the Southeast of Ancient Russia

Yu. Yu. Gordova¹, * and O. A. Mudrak¹

¹*Institute of Linguistics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*e-mail: gordova@iling-ran.ru

The article provides an overview and linguistic analysis of the main toponymic and linguistic layers of modern Tambov oblast, which in the past were inhabited by peoples who spoke Finno-Ugric, Turkic, and Iranian languages. Work on the toponymic atlas of the region should show that the population of the main geographical names in terms of their linguistic affiliation, which shows the general distribution of local peoples in the interfluvium of the Tsna and the Don rivers. In addition to the Russian language, a patch of Mordovian names (Savala, Vyazhlya, Kuzhlya, Liplyai, Merlyai), associated with the time of residence in the Mordovian-Moksha corporation. The Turkic layer (Karachan, Karai, Beklemishevo, Chekmari, Taldykin Barak, Saburovka, Yakutino) is associated, among other things, with the Kipchaks (Polovtsians). The toponyms of the Iranian layer (Isorok, Kenzar, Lomovis, Kalanda, Negi) go to study the material of the Ossetian language and, apparently, reflect the period of residence in Tsna and Don regions of some unrecorded population, the search should become a mass study, not only toponymic, but also archaeological. The abundance of toponyms, and above all hydronyms, occurring to the tributaries of the first, second and third orders, on the territory of the Khoper and Tsna river basins indicates the existence in the past of a population, speaking in a language close to modern Ossetian. New linguistic materials on this topic of Tambov oblast's toponyms, presented in the article, reduce the toponymic, historical and geographical landscape of the southeast of Ancient Russia.

Keywords: Tambov oblast's toponymy, interfluvium of Tsna and Don rivers, Mordovian language, Ossetian language, Turkic languages, Toponymic Atlas

REFERENCES

- Abaev V.I. *Istoriko-etimologicheskii slovar' osetinskogo yazyka. T. I.* [Historical and Etymological Dictionary of the Ossetian Language]. Vol. I. Moscow–Leningrad: Nauka Publ., 1958. 655 p. Vol. IV. Leningrad: Nauka Publ., 1989. 326 p.
- Devyatkina E.M. Finno-ugric substratum in hydronymy of Tambov oblast (word-formation analysis). *Sovrem. Issled. Sots. Problem.* 2020, no. 12 (6), pp. 49–62. (In Russ.). <https://doi.org/10.12731/2077-1770-2020-6-49-62>
- Dmitrieva L.I. *Toponimy Tambovskoi oblasti: kul'turno-sotsial'nyi aspekt* [Toponyms of Tambov Oblast: Cultural and Social Aspect]. Tambov: TGU Publ., 2002. 53 p.
- Dmitrieva L.I., Shcherbak A.S. *Onomastika Tambovskoi oblasti. Opyt entsiklopedii* [Onomastics of Tambov Oblast. Encyclopedia Experience]. Tambov: TGU Publ., 2001, vol. 1. 113 p.
- Dudnik N.I. Regional landscape features of Tambov oblast. *Vestn., TGU*, 2002, vol. 7, no. 1, pp. 119–124. (In Russ.).
- Gorbunov P.Ya. On the issue of toponyms of Tambov oblast. In *Voprosy kraevedeniya v shkolakh i pedagogicheskikh institutakh* [Issues of Local History in Schools and Pedagogical Institutes]. Tambov, 1962, pp. 165–175. (In Russ.).
- Gorbunov P.Ya. Dictionary of Toponyms and Hydronyms of Tambov Oblast. In *Voprosy vuzovskogo i shkol'nogo kraevedeniya* [Issues of Higher Education and School Local History]. Tambov, 1969, pp. 197–199. (In Russ.).
- Gorbunov P.Ya., Dudnik N.I. The Nature of Tsna Region in the Names of Settlements, Rivers, and Tracts. In *Po-*
- tsenye* [Tsna Region]. Voronezh: VGU Publ., 1981, pp. 155–160. (In Russ.).
- Gordova Yu.Yu. *Onomasticheskaya rekonstruktsiya: Poetapnoe vossozhdanie istorii ryazanskoi toponimii i antroponimii* [Onomastic Reconstruction: Gradual Reconstruction of the History of Ryazan Toponymy and Anthroponymy]. Moscow: LENAND, 2021. 488 p.
- Gordova Yu.Yu., Devyatkina E.M., Melnik V.I. Toponyms of Finno-Ugric Origin with the Finals -La – (E)l' on the Territory of Tambov Oblast. *Vestn. Ugrovedeniya.* 2021, vol. 11, no. 4, pp. 632–640. (In Russ.).
- Gordova Yu.Yu., Melnik V.I., Gordov A.V. *Katalog toponimov Tambovskoi oblasti* [Catalog of Toponyms of Tambov Oblast]. Moscow: LENAND, 2022. 120 p.
- Fasmer M. *Etimologicheskii slovar' russkogo yazyka. T. 2.* [Etymological Dictionary of the Russian Language. Vol. 2]. Moscow: Progress Publ., 1986. 671 p.
- Otin E.S. *Gidronimiya Dona: v 2-kh t.* [Hydronymy of Don Region: In II vol.]. Donetsk: Iugo-Vostok Ltd Publ, *Verkhonii i Srednii Don* [Upper and Middle Don]. 2011. Vol. I. 574 p.
- Otin E.S. *Gidronimiya Dona: v 2-kh t.* [Hydronymy of Don Region: In II vol.]. Donetsk: Iugo-Vostok Ltd, *Nizhnii Don* [Lower Don]. 2012. Vol. II. 791 p.
- Tambovskaya guberniya 1860–1862. Topograficheskii mezhevoi atlas Aleksandra Ivanovicha Mende. Masshtab 1 : 84000* [Tambov Province 1860–1862. Topographic Boundary Atlas of Alexander Ivanovich Mende. Scale 1 : 84000]. Available at: http://www.etomesto.ru/mep-tambov_mende/ (accessed 26.01.2021). (In Russ.).
- Tambovskaya oblast'. Topograficheskaya karta: sostoyanie mestnosti na 1984–1997 gg. Masshtab 1 : 200000* [Tambov Oblast Topographic Map. State of the Area for

- 1984–1997 Scale 1 : 200000]. Prepared to print 439 TSE VKF in 1997; Eroshkin I., Andreev V., Eds. Moscow: VTU GSH, 1998. 32 p.
- Shcherbak A.S. Attribute of compound toponyms. In *Onomastika Povolzh'ya: materialy XVIII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. V 2 t. T. 1.* [Onomastics of the Volga Region: Materials of the XVIII International Scientific Conference in 2 Vol. Vol. 1]. Kostroma, 2020, pp. 135–140. (In Russ.).
- Shcherbak A.S. Mordovian elements in the toponymy of Tambov oblast. In *Onomastika Povolzh'ya: materialy XV Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* [Onomastics of the Volga Region: Materials of the XV International Scientific Conference]. Arzamas–Sarov: Interkontakt, 2016, pp. 216–220. (In Russ.).
- Smolitskaya G.P. *Gidronimiya basseina Oki. Spisok rek i ozer* [Hydronymy of the Oka Basin. List of Rivers and Lakes]. Moskva: Nauka Publ., 1976. 454 p.

УДК 930.25+911.5

К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЖАНРА “ПЕЙЗАЖ” В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЖИВОПИСИ (ВЗГЛЯД ЛАНДШАФТОВЕДА)

© 2023 г. Ю. Г. Тютюнник*

Институт эволюционной экологии НАН Украины, Киев, Украина

**e-mail: yulian.tyutyunnik@gmail.com*

Поступила в редакцию 22.02.2022 г.

После доработки 11.12.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

В ландшафтоведческом контексте и с позиций “силовой” теории изобразительного искусства Жиля Делёза (понятия линии-силы, цвета-силы, композиции-силы) рассмотрен процесс рождения жанра “пейзаж” в европейском изобразительном искусстве, начиная с доисторического времени и заканчивая первой половиной XVI в., в которой становление жанра можно считать завершённым. Показано, что пейзажный жанр (“пейзаж-как-таковой”) нарождался постепенно, проходя этапы “пейзаж-декор”, “пейзаж-фон”, “пейзаж-условие”, “пейзаж-участник”. Объяснены суть и особенности каждого этапа. Раскрыта роль отдельных живописцев, внесших наибольший вклад в становление жанра в разные периоды развития европейского искусства, начиная с Проторенессанса и заканчивая Высоким Возрождением. Показаны особенности способов изображения, художественной интерпретации и репрезентации ландшафтных компонентов (геокомпонентов) и ландшафта в целом на разных этапах становления жанра. Особое внимание уделено творчеству таких мэтров Раннего и Северного Возрождения, как Мазолино да Паникале, Альбрехт Дюрер, Леонардо да Винчи, Альбрехт Альдорфер, Августин Хиршфогель. Подчеркнуто выдающееся значение для становления в европейской живописи жанра “пейзаж” творчества Альбрехта Дюрера, особенно его акварелей 1480-х–1490-х годов. Сделана попытка вскрыть онтологическую специфику пейзажных изображений, опираясь на теорию экзистенциально-топологического представления геокомпонентов, ландшафта в целом и места человека в нем. Для этого использованы такие понятия философии постструктурализма как “огива”, “лицевость”, “ландшафтность”.

Ключевые слова: ландшафт, пейзаж, линия-сила, лицевость, Проторенессанс, Ранний Ренессанс, Северный Ренессанс

DOI: 10.31857/S2587556623020103, EDN: KHWBLL

ВВЕДЕНИЕ

Жанр “пейзаж” в изобразительном искусстве существует столько, сколько существует само изобразительное искусство. Поэтому, если вопрос о генезисе пейзажа свести к вопросам типа “кто первый?” и “когда именно?”, то ответ будет достаточно простым и малоинформативным: неизвестные художники, имена которых затеряны во мгле веков. Но вопрос можно поставить и по-иному. Пейзаж, как мы интуитивно его себе представляем, является изображением *общего вида местности* (места, территории, окружающей среды). И это точно, хотя тривиально. Усложняя, можно сказать, что пейзаж – это изображение *ландшафта*. Здесь появляется важный нюанс, связанный с разными смысловыми “емкостями” слова романского происхождения “пейзаж” и германского – “ландшафт”, которые часто считают синонимами. Это особенно заметно в негерманских и нероманских языках, в том числе рус-

ском. В них уживаются обе кальки, а это и значит, смысловая нюансировка “ландшафта” и “пейзажа” не совпадают. В частности, смысл слова “ландшафт” больше и шире смысла слова “пейзаж”. Сегодня, говоря “ландшафт”, мы всегда подразумеваем и “пейзаж”, но обратное не верно. Для того, чтобы понятие пейзажа применить к онтологически более глубокому и эпистемологически более обширному понятию ландшафта, нужно, чтобы последнее тривиально существовало и артикулировалось соответствующим словом. Между тем, слово “ландшафт” известно нам (по историческим источникам) только с 830 г. Это уже ставит ограничение: изображение собственного ландшафта, то есть *пейзаж-как-таковой*, раньше, чем артикулированное понятие ландшафта возникнуть в культуре не могло. Мало того, с 830 г. до 1520-х годов германское слово “ландшафт”, если и имело художественные трактовки, то в глубоко скрытом, неакцентированном

виде. Лишь в начале 1520-х годов, благодаря усилиям Альбрехта Дюрера, германоязычный “ландшафт” стал наполняться итальянским, т.е. романским, смыслом слова “пейзаж”. Вот эту-то временную вилку (830 г.—1520-е годы) мы и примем за тот темпоральный люфт, в котором в Европе рождалось понятие и жанр пейзажа. “До” и “после”, разумеется, тоже были. Но “до” требует дополнительных исследований, что в статье сделано в минимальном объеме. А “после”, со второй половины XVI в. — это эпоха, которую можно обозначить как “развитие пейзажа”, и это уже другая тема.

Особенность данной статьи — то, что она написана географом для географов. Разумеется, эмпирической базой исследования должны служить и служат конкретные изображения и их более или менее традиционный искусствоведческий анализ. Но речь идет о жанре “пейзаж”, а это значит, что предмет этой “ветви” изобразительного искусства полностью принадлежит географической науке: вид ландшафта, местности, места, окружающей среды, территории — все географические категории. Следовательно, аналитика происхождения жанра, с точки зрения географии, в особенности ландшафтной географии, будет вполне уместной и, я бы сказал, законной. Собственно искусствоведческие, культурологические, исторические моменты темы будут выполнять вспомогательные функции. Но наш анализ окажется беспочвенным и рыхлым, если не будет четко выбрана и очерчена его философско-методологическая основа. Со “стороны” географии за таковую мы принимаем теорию концептуализации *силовых полей* в ландшафте французской ландшафтоведческой школы, которая, как известно (Джеймс, Мартин, 1988), отличается высоким пейзажным потенциалом. Со “стороны” философии искусства будем опираться на концептуальный аппарат, опять-таки, французского происхождения, а именно — на постструктуралистскую силовую теорию изобразительного искусства *Жюль Делёза*, изложенную им в трактате “Логика ощущения” (Делёз, 2011) и некоторых других работах.

НАЧАЛО

Если родословную пейзажа вести от изображений общего вида местности, то элементы пейзажных изображений и даже общую интуитивную концепцию пейзажа, можно усмотреть уже в доисторических наскальных изображениях. Они, как известно, выполняли определенные ритуальные и магические функции (в частности для осуществления охотничьих и скотоводческих ритуалов, что обуславливало особый интерес первобытных художников к изображению животного мира). Но не только. Французский исследователь Анри Лот показывает в своих работах по наскаль-

ным изображениям Сахары, что первобытному искусству не были чужды изображения, созданные и с сугубо эстетическими целями — своеобразные древние формы искусства для искусства. Одну из найденных им фресок от 2900 г. до н.э. он характеризует так: “Прекрасная анималистическая *композиция*, шедевр натуралистической школы доисторического рисунка (курсив мой — *Ю.Т.*)” (Лот, 1984, с. 212). На фреске вне какого-либо утилитарного или религиозного контекста изображены фрагменты слонов, 16 жирафов, страус и четыре вида антилоп, причем настолько точно, что их видовая принадлежность определяется по рисунку. Учитывая то, что дикое животное для первобытного охотника среди всех объектов окружающей среды было важнейшим предметом внимания, а, с точки зрения ландшафтоведения, оно — не что иное, как компонент ландшафта (зоокомпонент), не будет большим преувеличением сказать, что подобные неутилитарные, композиционно построенные “зоологические” рисунки являются настоящими пейзажными изображениями.

На фресках этрусских склепов VI в. до н.э. можно видеть, как растительность вступает в активное взаимодействие с главным — мифопоэтическим сюжетом изображения (рис. 1). Здесь элементы ландшафта — растения, собранные в “клумбу” (что-то вроде физико-географической фации), выполняют функцию декорирования (пейзаж-декор) и образования пейзажа-фона, на котором реализуется основной — мифопоэтический — сюжет изображения. На этрусские фрески историки искусства обращают особенное внимание, они весьма важны для зарождения европейского пейзажа. В VI в. до н.э. изображения пейзажей и/или их элементов для этрусской культовой живописи были особенно характерны (Культура ..., 1985, с. 359—360). Позже ее пейзажная традиция перекочевала в римскую фреску. Третьим веком до н.э. датируются росписи дома на холме Эсквилин (Рим). Но тематически пейзаж здесь не самостоятелен, а вписан в контекст основного сюжетного действия — приключений Одиссея, он выступает как бы их условием и в каком-то смысле участником. Позже настенная римская пейзажная фреска берет на себя декоративную функцию, используется для пространственного “раздвигания” интерьера и “введения” природы в комнату. Самые известные такие изображения — фрески на вилле Ливии (I в. до н.э.). А на стенах “Золотого Дома” Нерона (60-е годы н.э.) декоративная пейзажная фреска была трансформирована в так называемый оконный пейзаж. В стенах дома “наряду с настоящими имелись и ложные окна, расписанные настоящими пейзажами” (Культура ..., 1985, с. 391). Со II в. н.э. римская живопись начинает приходить в упадок, но активно развивается искусство мозаики, куда ча-



Рис. 1. Этрусская фреска “Ахилл в засаде у фонтана” из “Гробницы Быков”, 540-е–530-е годы до н.э., г. Тарквиния (Италия).

стично и переходят пейзажные мотивы фресок. Одними из самых известных являются мозаики IV в. н.э., на вилле Дель Казале около города Пьяцца-Армерина (Сицилия). Пейзажные изображения или их элементы здесь выполняют функции фона, условия или даже участника того художественного повествования, которое являются основными сюжеты изображения — мифопоэтические, батальные, бытовые и др. Большой импульс к развитию в III в. н.э. искусство мозаики получило в североафриканских провинциях Римской империи, испытывавших в то время архитектурный бум. Позже римская мозаика была абсорбирована Византией и ее пейзажные мотивы начали вписываться в христианскую тематику, которая вплоть до Высокого возрождения будет оставаться господствующей и определяющей пейзажные сюжеты в западноевропейском изобразительном искусстве.

В Западной Европе, после периода “темных веков”, во времена Каролингского Возрождения (конец VIII в. — середина IX в.) пейзажные изображения получили мощный толчок к развитию в искусстве иллюстрирования рукописных книг культового и светского назначения; франкское государство в то время переживало настоящий “книжный бум” (Сидоров, 2018, с. 178). Замечательные пейзажи — пейзаж-фон, пейзаж-условие, пейзаж-участник или их элементы можно видеть в таких выдающихся памятниках иллюстративно-

го искусства как “Евангелие Годескалька” (рис. 2), “Евангелие Эббона”, “Ахенское Евангелие”, “Утрехтская псалтирь” и др. Примечательно, что мастера некоторых школ книжной миниатюры уже тогда целенаправленно обращались к изображению пейзажа для передачи на рисунке перспективы (Сидоров, 2018, с. 194). Это еще более усилило его значение как участника основного сюжета иллюстрации. Попутно вспомним, что в это же время возникло и слово “ландшафт” — в древневерхненемецком варианте как “lantscaf” (830 г.), в древненижненемецком как “landscepi” (840 г.), — предшественники позднейшего немецкого “Landschaft”. Слово lantscaf было изобретено и сконструировано учеными монахами Фульдского монастыря при переводе и переписке “Евангелической гармонии” сирийского богослова Татиана. Романское время (1000-е–1200-е годы) не ознаменовалось особыми прорывами в становлении пейзажного жанра, однако последовавший за ним период готики, называемый в искусствоведении *дученто* (1201–1300 гг.) и *треченто* (1301–1400 гг.), для становления европейского пейзажа оказались крайне важными. Но, прежде чем перейти к их характеристике, уточним, что следует понимать под пейзажем-декором, пейзажем-фоном, пейзажем-условием, пейзажем-участником, оконным пейзажем, и чем они отличаются от собственно пейзажа — пейзажа-как-такового.



Рис. 2. Иллюстрация “Четыре Евангелиста” из Евангелия Годескалька, 780-е годы.

ПЕЙЗАЖИ-ДО-ПЕЙЗАЖА

Настоящим и полноценным пейзажем, строго говоря, является изображение “общего вида местности”, “окружающей среды” или “ландшафта” самого по себе – “просто так”. Цель худо-

жественного акта состоит в том, чтобы изобразить именно ландшафт. Если же в изображение общего вида местности привносится какой-либо иной художественный смысл, если в нем господствует или хотя бы на первых ролях присутствует

какая-то другая – не ландшафтная сюжетная линия, либо наоборот, если пейзажное изображение с теми или иными целями внедряется в какой-то внепейзажный сюжет – религиозный, мифологический, бытовой, эротический, батальный и т.п., то такое изображение не является полноценным пейзажем. Последний должен быть в целом беспримесным относительно посторонних сюжетных линий, или, по крайней мере, подавлять их. В нем могут присутствовать и часто присутствуют какие-либо сюжетно сторонние элементы, но они настолько слабы, третьестепенны, что “чистый” пейзажный смысл изображения ими не умаляется ничуть (Тютюнник, 2015). Если же умаляется, то мы и имеем дело с *пейзажем-допейзажа*.

Самый простой из таких пейзажей – *пейзаж-декор*. Он бывает двух разновидностей – внутренний и внешний. Первый изображается на части полотна в качестве банального украшения основного сюжета. Такой декор может быть, а может и не быть, основное изображение от этого теряет или приобретает разве что глубину, перспективу или какие-то другие формообразующие параметры художественной техники. Разрастаясь по площади картины, фрески, рисунка, т.е. занимая на изображении все больше и больше места, внутренний декор, в конце концов, полностью овладевает плоскостью изображения, превращается в декор внешний. Этот углубляет уже не изображение полотна или фрески, а тот интерьер (и даже экстерьер), в который изображение помещено, “раздвигает” и “оживляет” стены помещения, “впускает” природу в комнату, наполняет светом замкнутый объем и т.д. Но такие эффекты принадлежат уже не столько живописи, сколько той форме искусства, которая много веков спустя будет названа *дизайном*. Это хорошо видно на примерах росписей виллы Ливии и “Золотого Дома”.

Иногда, достаточно редко и уже ближе к нашему времени, внешний пейзаж-декор не порывает с ландшафтными смыслами изображения и не сводится к дизайнерской функции, но, расширившись почти на всю плоскость изображения, превращается в настоящий пейзаж-как-таковой. В этом случае изображение на периферии приобретает как бы вторую – внутреннюю рамку, например, проем окна, через который просматривается общий вид местности.

Внутренний пейзаж-декор, в принципе, тоже способен к подобным трансформациям. Он, отрываясь от функции сопровождения основного сюжета и разрастаясь на изображении как технически, так и “идейно”, раздвигая и углубляя плоскость изображения, трансформируется в *оконный пейзаж*. За главным изображением, например Богоматери с Младенцем (наиболее частый сюжет, где встречается такой пейзаж), в оконном, двер-

ном или в каком-то еще проеме в воздушной и линейной перспективе дается “убегающая вдаль” местность или ее элементы, например, река. Эффект углубления пространства на плоскости изображения достигается моментально. Такие приемы были “открыты” в период треченто и в век *кватроченто* (1401–1500 гг.) и с утверждением в европейском изобразительном искусстве линейной и воздушной перспективы стали очень популярными. Заметим, что они могут рассматриваться как относительно самостоятельное направление в процессе трансформации пейзаж-декора в пейзаж-как-таковой. Создание в картине проема и постепенное расширение–заполнение им плоскости изображения обладает сложной внутренней экзегетикой, связанной с нетривиальными доктринами апофатического богословия (см. ниже). Как заметил еще полтора столетия назад Уолтер Патер, “Ренессанс характеризуется не только изяществом, которое заимствовал у классического мира, но и той чудесной силой, крепкие корни которой уходят в собственно средневековую эпоху” (Патер, 2006, с. 259).

В *пейзаже-фоне* имеет место усложнение взаимодействия основного и среднего сюжетов. Хотя изображение общего вида местности и дается на заднем плане, как своеобразная театральная декорация, между ландшафтным и не-ландшафтным сюжетами уже возникают определенные формы композиционной и смысловой зависимости. Но их сила и прочность еще невелики. В условиях строгого, даже канонического (чаще библейского) сюжета, пейзажно-фоновая составляющая может варьировать широко: смысл основного изображения от этого не пострадает. В *пейзаже-условии* композиционная и смысловая взаимозависимость между ландшафтной и не-ландшафтной составляющими изображения резко усиливается, они уже в той или иной степени определяют друг друга, варьирование изображения среды здесь, если и допускается, то ограничено. В *пейзаже-участнике* влияние общего вида местности на основной не-ландшафтный сюжет становится таким, что в значительной мере определяет и его художественный смысл, и композицию, и колористику и даже иногда стиль изображения. Силы природы, компоненты ландшафта, факторы окружающей среды “вступают в игру”, становятся полноценными партнерами главного сюжетного изображения. Нужно сказать, что резкой границы между пейзажем-фоном и пейзажем-условием, с одной стороны, и пейзажем-условием и пейзажем-участником, с другой, – нет. Их часто сложно разделить и в реальном произведении мастера они нередко оба присутствуют. Тем не менее, изложенная “классификация” пейзажей-до-пейзажа нам представляется методически удобной, и мы в дальнейшем будем ею пользоваться.

МАСТЕРА И КАРТИНЫ

В эпоху дученто в солнечном италийском “кусточке” Западной Европы, унаследовавшем эстетику античности, наступило время Проторенессанса. Пейзаж начал активно осмысливаться и “приглашаться” на изображения в роли участника того или иного сакрально-канонического действия. Выразительные пейзажные мотивы и фрагменты этого периода принадлежат кистям таких мэтров как Берлингьери Бонаventura (эпизоды-фрагменты из жизни Св. Франциска Ассизского, 1235 г.); Коппо ди Марковальдо (некоторые изображения на иконостасе “20 эпизодов из жизни Св. Франциска”, 1245 г.; фрагмент иконы “Архистратиг Михаил”, 1250-е годы); Гвидо да Сиена (“Бегство в Египет”, 1270 г.); Гвидо ди Грациано (фрагменты “Алтаря Св. Франциска”¹, ок. 1270 г.) и др.

В эпоху треченто отчетливо виден настоящий всплеск интереса к пейзажным изображениям в “ранге” пейзажа-условия и пейзажа-участника. При этом к культовым сюжетам добавляются светские. Образцы “религиозного пейзажа” видим на фресках капеллы Скровеньи в г. Падуе (Италия), выполненных в 1303–1304 гг. Джотто ди Бондоне: мастерски изображена скалистая местность, активно участвующая в разворачивании канонических сцен “Из жизни Христа”, в частности в ставшем очень популярным сюжете “Бегство в Египет”. Большое внимание изображению скальных горных пород и, как сейчас сказали бы, эрозионных форм рельефа уделяет Дуччо ди Буонинсеня в целом ряде сцен на своем знаменитом иконостасе “Маэста” (1308–1311 гг.). Его эрозионно-денудационные пейзажи эффективны, выразительны и вполне правдоподобны, с точки зрения геоморфологии (рис. 3).

Первые попытки обращения живописцев к оконному пейзажу можно видеть на фресках Лоренцо Венециано, изображающих сцены из жизни апостола Петра (1370 г.). Но ни линейной, ни воздушной перспективы здесь еще нет.

Пейзажи в ранге фона, условия и даже участника в XIV в. находим на целом ряде изображений со светской тематикой. В 1330 г. впечатляющий пейзаж-фон появляется на фреске в Палаццо Пубблико (Palazzo Pubblico) города Сиены, изоб-

ражающей всадника – некоего Гвидориччо да Фольяно на фоне обширного, разнообразного и хорошо выписанного низкогорного и частично антропогенного – беллигеративного ландшафта: работа кисти, скорее всего, Симоне Мартини (авторство изображения до сих пор в искусствоведении дискутируется). Видно, что портрет Гвидориччо и ландшафт в определенном смысле существуют независимо друг от друга, всадник из ландшафта даже как бы выпадает. Это выпадение усилено художником умышленно: одно копыто лошади выступает за границу изображения и стоит на обрамлении фрески. Здесь мы сталкиваемся с самым простым приемом, с помощью которого из пейзажа-фона можно сделать полноценный пейзаж-как-таковой: нужно композиционно их разделить. Симоне Мартини было выполнено еще несколько работ с пейзажами-условиями и пейзажами-участниками, они отличались тщательной и точной прорисовкой компонентов и элементов ландшафта.

Не менее важна, с точки зрения светского становления жанра “пейзаж”, работа “Аллегория хорошего и плохого правления” кисти Амброджо Лоринцетти (тот же Палаццо Пубблико, 1338–1340 гг.). На фреске показано, как в результате хорошего и плохого управления государством изменяются сельскохозяйственные и селитебные ландшафты, которые выступают здесь весьма важным, если не главным, “рассказчиком” о социальных, экономических и даже экологических результатах деятельности человека. Возможно, это первое в истории живописи изображение, к которому можно применить термин куда более позднего происхождения: *реализм*. И этот реализм касается именно ландшафта, что для жанра “пейзаж” имеет принципиальное значение.

1343-м г. датируются фрески башни Гард-Роб папского дворца в Авиньоне (Франция). На них изображены вполне пейзажные сцены рыбной ловли и охоты. Считается, что они выполнены мастером Маттео Джованетти. В конце века треченто – начале кватроченто (1391–1407 гг.) мастером Венцеславом Богемским (предположительно) созданы колоссальные “антропогенно-ландшафтные” росписи “Циклы месяцев” в башне Торре Акуила замка Буэнконсильо в г. Тренто (Италия). Показаны работы и занятия человека, характерные для 12-ти месяцев года (изображение одного из них сгорело). Здесь – настоящие антропогенные ландшафты, заполненные человеческим трудом и прочими заботами. Не будет большим преувеличением сказать, что работы Лоринцетти, Джованетти и Венцеслава Богемского находятся как бы на грани пейзажного жанра: еще шаг, последнее усилие – и пейзажное изображение либо окончательно отрывается от внепейзажных сюжетов, либо поглощает их полностью, диктуя полотну совершенно новую –

¹ Увлечение мастеров дученто, а позже и треченто, иконописью святого Франциска Ассизского (умер в 1226 г., канонизирован в 1228 г.) возникло не на пустом месте. Этот католический святой обожествлял природу, проповедовал Божье Слово птицам и животным, вел аскетический образ жизни – часто под открытым небом, т.е., как сейчас принято говорить, был близок к природе. Сегодня в нем усматривают предтечу европейского *инвайронментализма*. Ясно, что “ландшафтные” эпизоды в жизни такого святого, к тому же весьма почитаемого в католичестве, были естественны, закономерны, и это не могло не найти своего отражения в иконографии.



Рис. 3. Сцена жизни Иисуса (“Не касайся меня”) на иконостасе “Маэста” Дуччо ди Буонинсенци, 1308–1311 гг.

географическую — “идеологию” живописного искусства: изображение ландшафта как такового. По нашему мнению, в росписях “Циклы месяцев” такой шаг уже сделан. Но это еще можно оспорить. Бесспорные же пейзажи-как-таковые — достояние уже следующего столетия, *кватроченто* (1401–1500 гг.).

В 1435 г. Мазолино да Паникале во дворце кардинала Бранды Кастильоне в г. Варезе (Италия) создает фреску “Горный ландшафт” — самостоятельное пейзажное изображение (рис. 4). Но является ли оно первым пейзажем-как-таковым, т.е. европейским “стартом” жанра “пейзажа”? — И “да”, и “нет”. “Да” потому, что это, в самом деле, сюжетно беспримесное изображение общего вида местности. “Нет” — из-за того, что, во-первых, оно все-таки, хотя и не явно, но выполняет функции декора (чем напоминает те же “природные” римские фрески); и, во-вторых, оно фантастично. Большая или меньшая реалистичность изображения — необходимое условие, чтобы изображение общего вида местности могло рас-

сматриваться как полноценный пейзаж. Воображаемый же характер местности уводит пейзажное изображение в сторону от собственно “пейзажной идеи” — в зыбкий мир символов и метафор. Воображаемые ландшафты — не редкость в ренессансной живописи, и полет авторской фантазии здесь порой удивителен. Но все это, как правило, — пейзажи-условия и пейзажи-участники. У Мазолино да Паникале мы сталкиваемся с фантастическим пейзажем-как-таковым. Поэтому это изображение следует рассматривать как знаковое на пути становления европейского пейзажа. У этого художника есть целый ряд других выдающихся изображений ландшафта, но уже в форме пейзажей-условий и пейзажей-участников. Внимание А.Н. Бенуа, в частности, привлекла фреска “Крещение Иисуса” (1435 г.). Бенуа считал ее одним из наилучших для того времени изображением долинно-речного ландшафта (Бенуа, 2002, с. 367).

Во второй половине кватроченто поиск итальянскими мастерами нового жанра заметно ин-



Рис. 4. Фреска Мазолино да Паникале “Горный ландшафт” во дворце кардинала Бранды Кастильоне в г. Варезе (Италия), 1435 г.

тенсифицируется. Оконные и фоновые пейзажи, пейзажи-условия и пейзажи-участники насыщаются и перенасыщаются элементами ландшафта, все большее и большее внимание уделяется изображениям метеорологических явлений, животных, растений, а также разного рода сооружений и их остатков – руин. Пейзажные детали – элементы ландшафта выписываются со все большей и большей тщательностью, вниманием и точностью. Расширяется список сюжетных линий, более частой становится мифологическая, архитектурная, хозяйственная тематика. В процесс “пейзажестворения” активнее вмешиваются оконные ландшафты (особенно в сюжетной линии “Мадонна с Младенцем”). Постепенно расширяясь и расширяясь, к концу XV в. они начинают вытеснять не-пейзажные сюжеты на “композиционную периферию” или, как минимум, композиционно уравниваться с ними на изображении.

Особо важными для поиска и становления пейзажного жара в эпоху Раннего Возрождения² были работы таких мастеров, как Паоло Уччелло (1397–1475), Джованни ди Паоло (1403–1482), Филиппо Липпи (1406–1469), Пьеро делла Франческа (1420–1492), Джованни Беллини (1430–1516), Андреа Мантенья (1431–1506), Франческо

ди Джорджо Мартини (1439–1501), Козимо Росселли (1439–1507), Якопо дель Селлайо (1441–1493), Сандро Боттичелли (1445–1510), Пьетро Перуджино (1446–1524), Леонардо да Винчи (1452–1519), Пьеро ди Козимо (1462–1522).

Работы Пьеро делла Франческа “Идеальный город” (1475 г.) и Франческо ди Джорджо Мартини “Архитектурный вид” (1477 г.) имели особое значение. По существу это – беспримесные изображения самых настоящих ландшафтов, только урбанизированных. Но, во-первых, в них еще были сильны декоративность и “воображаемость” (что отличало еще “Горный ландшафт” Мазолино да Паникале); во-вторых, – уж слишком мало в этих архитектурных пейзажах было других элементов ландшафта, они состояли из строений и воздуха. На “Архитектурном виде” далеко в глубине (едва ли не в точке схода) виднелось, правда, море с кораблями, но и этого, чтобы быть полноценным пейзажем-как-таким, для изображения было маловато. В то же время эти две работы уже говорили о том, что европейскому изобразительному искусству до создания полноценного жанра “пейзаж” оставалось совсем немного.

Обращает на себя внимание также работа “Мадонна с Младенцем и двумя ангелами” (1465 г.) Филиппо Липпи. С одной стороны, замечательный оконный пейзаж здесь “расширен” до масштаба пейзажа-фона, а с другой, Липпи довел до предела прием, открытый Симоне Мартине в портрете Гвидориччо да Фольяно, где разделение пейзажа и всадника усиливалось изображением копыта лошади на рамке картины (см. выше). На картине Липпи Мадонна с ангелами и Младенцем изображена перед внутренней рамкой, а оконный пейзаж, расширенный до фона, – за ней. Композиционное разделение пейзажного и не-пейзажного сюжетов получилось полным. Оставалось только разделить их физически.

В общем, не будет преувеличением сказать, что идея пейзажа-как-такового в начале 1470-х годов “носила” в солнечном воздухе Италии.

² Периодизация Возрождения – вопрос непростой, в искусствоведении по этому поводу нет единого мнения. Классическую периодизацию Возрождения – Проторенессанс, Ранний, Высокий и Поздний Ренессанс – применяют, в основном, к Италии. В других регионах Европы хронология периодов Возрождения может сильно отличаться от итальянской. В частности, Северное Возрождение (в Нидерландах, Германии, Дании и др.) фактически покрывает хронологически Раннее и Высокое Возрождение в Италии. Другая сложность периодизации заключается в том, что один и тот же мастер (особенно, если он жил долго), мог творить в разные периоды Возрождения: типичный пример – Леонардо да Винчи, относимый и к Раннему, и к Высокому Ренессансу. В данной статье во избежание разночтений, за основу отнесения конкретного художника к тому или иному периоду Возрождения, принята хронология, которой той же придерживается сетевая арт-галерея (<https://www.wga.hu>); с нее же взято и большинство примеров, на которые мы ссылаемся в статье.

Приземлил ее гений Леонардо да Винчи. Перу мэтра принадлежат рисунки естественных и антропогенных ландшафтов “Вид Санта-Мария делла Нева” (1473 г.), “Пещера с утками” (1482 г.), “Ландшафт с бурей” (1500 г.), “Вид Пизы” (1502 г.). Все это — полноценные пейзажи-как-таковые, уже безо всяких “но” или “хотя”... А в 1501 г. Пьеро ди Козимо создает картину “Лесной пожар”, которая тоже может претендовать на статус пейзажа-как-такового. Здесь тематика усложняется сюжетной линией “Пожар”. Но огонь — тоже компонент ландшафта. В реалистичных пейзажах он изображается редко, и полотно ди Козимо — одна из таких редких работ. По-видимому, в истории пейзажной живописи она и первая, демонстрирующая огонь как часть реального ландшафта.

Теплой Италией процесс становления европейского пейзажа в эпоху кватроченто, а также последовавшие за ней десятилетия, не ограничивался. В XV — первой половине XVI в. не менее бурно он проявлял себя в Нидерландах и Германии. Там культурный бум получил название Северного Возрождения. Становление пейзажной живописи у мастеров Северного Возрождения отличалось большим интересом к оконному пейзажу; сюрреализмом, связанным с разного рода адскими мотивами и земными аллегориями; повышением сюжетного разнообразия за счет обращения к изоб-

ражению жанровых и бытовых сценок из хозяйствования и жизни народа; более частым обращением к изображению урбанизированных ландшафтов (то есть к видам городов и поселков); а также особенностями воспроизводимой на холсте природы, которая, по понятным причинам, сильно отличалась от италийской. Художники Нидерландов, Германии, Дании чаще, чем итальянцы, давали своим пейзажным или почти пейзажным работам типовые названия “ландшафт”, “ландшафт с...”, “...в ландшафте”. Большое значение для становления пейзажного жанра имело творчество таких мастеров как Хуберт ван Эйк (1385–1426), Ян ван Эйк (1390–1441), Конрад Виц (1410–1445), Ганс Мемлинг (1433–1494), Михаэль Вольгемут (1434–1519), Иероним Босх (1450–1516), Вильгельм Плейденвурф (1460–1494), Маттиас Грюневальд (1470–1528), Альбрехт Дюрер (1471–1528), Лукас Кранах Старший (1472–1553), Ян Мостарт (1475–1555), Иоахим Патинир (1480–1524), Ян Валленс де Кок (1480–1527), Альбрехт Альтдорфер (1480–1538), Франс Крэбб (1480–1553), Вольф Губер (1485–1553), Ян ван Скорел (1495–1562), Ян Мандейн (1500–1560), Августин Хиршфогель (1503–1553), Питер Брейгель Старший (1525–1569).

На роли некоторых из этих художников нужно остановиться особо. Прежде всего это Альбрехт

(а) Волочицкая. 1489 г.



(в) Вид на Инсбрук с севера. 1496 г.



(б) Пейзаж около Сегонзано в долине Чемо. 1495 г.



(г) Ивовая мельница. 1496–1498 гг.



Рис. 5. Рождение жанра “пейзаж”: акварели Альбрехта Дюрера конца 1480-х — 1490-х годов.

Дюрер. Некоторые искусствоведы считают его родоначальником европейского пейзажа (Roger, 1997). Основанием для такой высокой оценки служат юношеские акварели Дюрера, выполненные в 1489–1498 гг. Из рис. 5 нетрудно видеть, что это суть самые настоящие, сюжетно беспримесные изображения ландшафтов и общих видов местностей (очень разных!), т.е. пейзажи-как-таковые. При этом они объединены в жанровый цикл или серию, претендующие на репрезентацию отдельного живописного жанра. А. Дюрер в 1521 г. теоретически оформляет эту “претензию”, создавая новое в немецком языке слово-неологизм *Landschaftsmaler* — “художник, рисующий ландшафт”, т.е. “пейзажист” (Kluge, 1975). Тем самым романское понятие “пейзаж” артикулируется в германском слове “ландшафт”, закрепляется в нем теоретически и лексически. “Ландшафт” начинает использоваться в качестве синонима романского “пейзажа” уже с полной эстетической “законностью”. В образительном искусстве четко и прямо заявляет о себе новая художественная логика — пейзажный жанр, как таковой.

Следуя этой логике (осознано или неосознанно), мастера Северного Возрождения начинают целенаправленно создавать циклы изображений общего вида местности. В 1487–1493 гг. учителя Дюрера Михаэль Вольгемут и Вильгельм Плейденвурф, иллюстрируя в своей гравюрной мастерской “Всемирую историю” (“Нюрнбергскую хронику”) Хартмана Шеделя (издана в 1493 г.) создают 29 цветных гравюр с видами городов. Это были *городские пейзажи*, изображение которых в эпоху барокко оформится в самостоятельный пейзажный жанр *ведутты*. В 1500-х–1520-х годах Альбрехт Альтдорфер создает цикл пейзажей-условий, пейзажей-участников и пейзажей-как-таковых с типовыми названиями “ландшат” и “ландшат с...” (самый известный “Дунайский ландшафт”, 1520 г.). Это уже не только рисунки и гравюры, но также живопись маслом (по дереву). Некоторые искусствоведы даже считают Альтдорфера, а не Дюрера, основоположником жанра “пейзажа”, по крайней мере, в немецком варианте (Либман, 1972, с. 145). В те же годы голландец Иоахим Патинир создает целый ряд изображений на религиозные и мифологические темы, но с исключительно сильной пейзажной составляющей. Многие из них имеют типовые названия “ландшафт с...”. Значение ландшафта-условия и ландшафта-участника на полотнах Патинира столь велико, что религиозный/мифологический сюжет уравнивается с пейзажным, а часто становится и менее важным. В 1510-х–1530-х годах аналогичным путем идет Лукас Крахт Старший. Только он смещает акцент, называя свои картины не “ландшафт с...”, а “...в ландшафте” (например, “Св. Иероним в ландшафте”, 1515; “Венера в ландшафте”, 1529). Вероятно, степень компози-

ционного и смыслового отрыва пейзажа от основного сюжета в изображениях с типовым названием “...в ландшафте” чуть меньше, чем таковая в изображениях, именуемых “ландшафт с...”. Но столь тонкая расстановка идейно-художественных акцентов и нюансов не умаляет достоинств изображений “...в ландшафте” в сравнении с изображениями “ландшафт с...”, а свидетельствует о последовательной, непрерываемой и органичной трансформации пейзажа-условия/пейзажа-участника в пейзаж-как-таковой у мастеров Северного Возрождения. Показательна такая трансформация, в частности, у немца Августина Хиршфогеля (графика 1540-х годов) и нидерландского мастера Питера Брейгеля Старшего (работы 1550-х годов). Они создают целые циклы изображений ландшафта, многие из которых так и называются: “Ландшафт” — с уточнением “такой-то или такой-то”, “с тем-то или с тем-то”, или без уточнения. На этом *de facto* процесс рождения жанра “пейзаж” в европейской живописи можно считать завершенным.

ТЕМЫ И СИЛЫ ЛАНДШАФТА

Вопрос о смысле пейзажного изображения и чисто-ландшафтного сюжета, несмотря на кажущуюся простоту (“подумаешь — общий вид местности!”), далеко не прост. Если его рассматривать в сугубо эстетическом, искусствоведческом, социальном и т.п. плане, то возникает вопрос, а для чего изображать то, что и так без труда видно, что суть наша повседневность — окружающая среда. Ну, римляне с помощью таких изображений визуально расширяли пространство интерьера и “вводили” природу в комнату — чисто дизайнерские занятия декорирования. Этого явно мало для того, чтобы изображение общего вида местности могло претендовать на самостоятельный жанр образительного искусства, да еще такой мощный! Здесь есть какая-то загадка.

Ее разгадка кроется, по нашему мнению, не в объекте, а в предмете изображения. (Здесь мы пользуемся традиционной дилеммой, принятой в научной методологии: объект и предмет исследования). С объектом изображения все более-менее понятно, с позиций ландшафтоведения — это *элементы ландшафта*. А вот с предметом не все так просто. Предмет живописного пейзажного изображения, по нашему мнению, двояк. Во-первых, это то, что в ландшафтоведении принято называть ландшафтными компонентами или *геокомпонентами*. Геокомпоненты, в отличие от элементов ландшафта, сами по себе невидимы, они представляют собой — каждый специфические и своеобразные типологические множества (Тютюнник, 2022), объединяемые в целостность некими *силами*. И вот эти-то силы, силы *постава* (воспользуемся философским языком Мартина

Хайдеггера), художник-пейзажист должен показать, визуализировать, передать. Точно такую же задачу выполняет и географ-ландшафтовед, только он для этого использует совершенно другой инструментарий и совсем другие приемы работы. Во-вторых, предметом пейзажной живописи является сам ландшафт. Это уже качественно более сложная задача, на способах решения которой в изобразительном искусстве мы остановимся ниже.

В философии искусства есть такая точка зрения, согласно которой, главная задача живописи — визуализация невидимых сил. Ее новейшее изложение и обоснование дано в трактате Жюль Делёза “Логика ощущения” (Делёз, 2011). “В искусстве, — пишет французский философ, — и в живописи так же, как в музыке, речь идет не о воспроизведении или изобретении форм, а о *поимке сил*. (...) Задача живописи сводится к тому, чтобы сделать видимыми невидимые силы (курсив мой — Ю.Т.)” (Делёз, 2011, с. 69). Линия на полотне — это не просто геометрическая линия, это — линия-сила; цвет — не просто цвет, а цвет-сила; композиция — не просто композиция, а композиция-сила [многим позже названная советскими авангардистами конструкцией (Хан-Магомедов, 1993, с. 47)].

Изображая самыми разными приемами и нюансами (цвет—оттенок—валер, линия—изгиб—разрыв, композиция—конструкция—множество, даль—близь—пустота и пр.) игру сил, пейзажист достигает того, что а) элементы объединяются в геокомпоненты, б) геокомпоненты объединяются в ландшафт. Пейзаж — это упорядоченная стихия визуализации сил, причем сил всех типов и разновидностей — без исключения. (Делёз в вышеупомянутой работе рассмотрел только один тип сил — объединяющих органы в тело, но принцип — тот же). Сия стихия репрезентируется *ощущением*. Вызвать и/или сформировать ощущение — это и есть собственная задача искусства вообще, живописи в частности и художественного творчества Ренессанса — в особенности. При этом Прото- и Ранний Ренессанс в области передачи/формирования ощущения обладали особой прелестью наивности, непосредственности и взбалмошного своеволия, свойственного детским, подростковым годам...

В пейзажах-до-пейзажа ландшафтные силы и силовые интенции, “лепящие” общность вида местности (т.е. превращающие его в пейзаж), так или иначе, обслуживали какую-то не-пейзажную художественную идею, способствовали формированию или усилению ощущения и улавливания именно этого — внепейзажного смысла основного сюжета изображения. Вот перед нами фреска “Бегство в Египет” (1270 г.) кисти Гвидо да Сиена. Зачем мастеру XIII в. понадобилось рисовать стратиграфические детали на обнажении крыла складки горных пород, да еще подчеркивать дену-

ационную препарированность их напластований? Ответ: для того, чтобы сделать акцент на трудностях и опасностях, преодоленных на пути в Египет Девой Марией с Младенцем. И это — отнюдь не символ, как сказал бы искусствовед! Это — абсолютно конкретное скальное препятствие. Оно делает дорогу Марии с Сыном трудной, опасной, драматической. Уберите скалу — и путь станет совсем иным. Не потому ли? — именно в связи со столь явной геологической драматичностью, сюжет “Бегство в Египет” является одним из излюбленных сюжетов Прото- и Раннего Ренессанса: почти во всех изображениях на эту тему мы сталкиваемся с тщательно прорисованными геоморфологическими особенностями дороги и/или места отдыха Марии и Сына. Столетие спустя несколько иным — минералогическим — способом Деву Марию к силам Земли “приобщает” Андреа Мантенья: он изображает свою “Мадонну каменотесов” (1488 г.) на фоне ... минералогической дзуды. А выражение лиц Богоматери и Младенца напоминает выражения лиц отпахавших смену шахтеров. Вообще, этот мастер — один из самых наблюдательных в области геоморфологии. При этом для него свойственно обращение не к резким ломанным линиям тектонического рельефа (что характерно для большинства “геоморфологических” мастеров Раннего Возрождения), а к мягким — флювиальным и складчатым. Любопытно, что увлекавшая Мантенью геоморфологическая складчатость находила органическое продолжение в складчатости тканей, в которые были облачены рисуемые им персонажи-люди. Такое увлечение изображениями складок можно рассматривать как предвосхищение эстетических принципов барокко, до которого было еще добрых 200 лет. В “открытии” союза барочных складок горных пород и тканей наряду с Мантеньей принимал участие и его старший современник Паоло Уччелло.

Весьма выразительна тектонически-силовая трактовка таких сюжетов как “Распятие” Лукой ди Томе (1365 г.) и Андреа Монтемайор (1457 г.), “Крещение Иисуса” Джованни дель Бьондо (1365 г.) и Джусто де Менабуои (1378 г.). Оба действия имеют место в большой расселине, если не в грабене, меж двух скал. Сюжеты можно трактовать как преодоление через Спасение земной (“тектонической”) юдоли. У Дуччо ди Буонинсеньи Спаситель юдоль земную преодолевает иным способом: вместо того, чтобы со своими евангелистами, как подложено по канону, стоять на облаке, он стоит на скалистом утесе парящем, словно облако (“Преображение”, 1308 г.). Столь странная, на первый взгляд, трансформация геологических сил, с ландшафтно-геофизической точки зрения, может быть объяснена довольно просто: как *антигравность ландшафта*. Символическое освобождение геологических сил от гравитации (“па-

рящий утес” и Христос на нем) вполне когерентно догмату о Вознесении. Еще убедительнее освобождение от притяжения Земли и ее юдоли — в таких распространенных в эпоху Проторенессанса и Раннего Ренессанса изображениях, как темные провалы и пещеры. Они чаще всего встречаются в сюжетах “Рождество” и “Мадонна с Младенцем”: Богоматерь и Иисус как бы выходят из некоей земной черноты. Изображение пещеры-провала встречается в сюжетах “Страшный суд”, “Спуск в Лимб”, “Деяния святых” и др. Последний сюжет имеет под собой ту реальную историческую основу, что разного рода подвижники и ревностные адепты веры нередко и вправду поселялись в пещерах, а иногда даже создавали целые пещерные монастыри. Впечатляющие изображения “черных дыр” на полотнах религиозной тематики видим у Гвидо да Сиена (“Рождество”, 1270-е годы), Дуччо ди Буонинсеня (“Рождество”, 1308 г.), Бартоло ди Фреди (“Рождество и поклонение волхвов”, 1383 г.), Сано ди Пьетро (“Эпизоды из жизни Св. Иеронима”, 1444 г.), Пьеро ди Козимо (“Мадонна с Младенцем и Св. Иоан”, 1493 г.: уникальное изображение, в котором “черная дыра” создается искусственно с помощью темной занавески, навешенной на дерево на фоне светлого тщательно выписанного ландшафта) и у многих других мастеров. По нашему мнению (Тютюнник, 2015), изображения, использующие “черный провал” в горных породах (в XV в. с помощью игры светотени часто трансформируемый в черный фон на стене сарая или на спинке трона, с восседающей на нем Мадонной с Младенцем), связаны с самыми сложными, неочевидными и глубоко мистическими догматами апофатического богословия. Согласно им, Бог пребывает во мгле и мраке (20 Исх. 21, 6 2-Пар. 1, 5 Ам. 20), и, хотя его творческая сила полностью в них сокрыта и недоступна ни познанию, ни восприятию, ни идентификации, именно она абсолютна по своей потенции, результативности и предметности. Некоторые богословы, например, Николай Кузанский (Кузанский, 1979), проблеме апофатики в христианстве придавали принципиальное значение, хотя апофатическая теология и предназначена не для среднестатистического прихожанина. “Черная дыра” в геологических структурах, из которой выходят, только что вышли Иисус и другие сакральные персонажи, является своеобразным указанием на *ничто*, где “обитает” Бог Дух Святой и вся Святая Троица.

Силовые тектонические, геоморфологические, литологические интенции в прото- и раннеренессансном пейзаже-фоне, -условии, -участнике связаны также с разнообразными сюжетами из жизни апостолов Петра и Павла и католических святых (особо популярны сюжеты “Стигматизация Св. Франциска”, “Искушение Св. Анто-

ния”, “Св. Иероним в пустыне” и др.). Все они — очень эмоциональные, страстные, экзальтирующие адепта своей глубокой загадочностью эпизоды из жизни и деяний канонических персонажей. Мастера Прото- и Раннего Ренессанса, обращаясь с большим воодушевлением к изображению горных пород и рельефа “общего вида” той местности, в которой происходит акт священнодействия, достигали впечатляющего художественного и экзистенциального эффекта.

У художников Северного Возрождения визуализация геолого-геоморфологических сил имела свои особенности. Прежде всего, это связано с разницей в природных условиях: в равнинных Фландрии и Дании вообще не было скал, а в Германии горы имели не такие очертания, как в Италии. Работа с эрозионными формами рельефа, складчатостью, тектоникой у мэтров Северного Возрождения отличается особой скрупулезностью и стремлением максимально точно передать геологические особенности местности. Но скрупулезный геологический реализм у них соседствовал с мощным галлюциногенным воображением тектоники ландшафтов, проявлений магматических процессов, форм складчатого рельефа. Вулканов на холодном севере не было (до Исландии Возрождение “не добралось”), но такие мастера сюрреалистического пейзажа-участника, как Босх, Брейгель старший, Ян Мандейн, вполне успешно справлялись с демонстрацией на полотнах разрушительных или пожирающих огненных сил ада, вырывающихся из земных недр.

О геологической живописи Дюрера нужно сказать особо. Известный современный мыслитель Валерий Подорога в контексте своей “метафизики ландшафта”, анализируя творчество Поля Сезанна, в частности его “маниакальное” увлечение рисованием горы Св. Виктории, показал, что художник смог в ее пейзажах “освободить тектонические силы, создавшие гору” (Подорога, 2013, с. 323). То же самое можно сказать о таких рисунках Дюрера 1490-х годов как “Арко”, “Замок Сегондзано”, “Пейзаж около Сегондзано в долине Чембра” (см. рис. 5б), “Водяная мельница в горах” и др. Здесь — такое же эффективное и эффективное художественное освобождение невидимых геологических сил, тот же сезаннизм.

Скалы, рельеф, горы — важнейшие, но не единственные элементы, к которым мэтры Прото-, Раннего и Северного Ренессанса обращались с целью визуализации сил, объединяющих объекты окружающей среды в целостность — ландшафт. Их интересовали также силы водной и воздушной стихий, часто в активном взаимодействии. Сначала силовые линии водной стихии могли рисоваться буквально — линиями тока воды, изображением струй. Так они даны в акте Крещения, выложенном мозаикой баптистерия ба-

зилики Сан Марко (Венеции) примерно в 1350 г. (мастер не известен). Через столетие — мэтром Мазолино ди Паникале на уже упоминавшейся фреске “Крещение Иисуса” прием с изображением линий тока воды был повторен. Джованни ди Паоло на изображении “Св. Клара спасает потерпевших кораблекрушение” (1455 г.) вырисовал тончайшие силовые линии волн — в своем роде уникальное визуально “схватывание” взаимодействия воды и ветра.

Воздушную стихию изображали через волнение на море (Лоренцо Венециано, “Христос спасает Петра от утопления”, 1370 г.), через надутые (Паоло Венециано, “Перевозка тела Св. Марка”, 1345 г.) или порванные (“Св. Клара спасает...”) паруса. Такие косвенные изображения метеоявлений характерны больше для треченто, хотя, Амброджо Лоринцетти изображает дождь куда уж более, чем непосредственно: он у него проливается на головы персонажей сцен “Из жизни Св. Николая” (1332 г.) ангелами из мехов. Непосредственно воздушная стихия начинает регулярно изображаться в XV — начале XVI в.: на полотне или фреске “накапливаются” тучи и облака, дожди и снега (у голландцев), молнии и пылающие закаты-рассветы. Это можно видеть в работах Паоло Уччелло “Св. Георгий и Дракон” (1456 г.); Козимо Росселли “Переход Красного моря” (1481 г.); Доменико Гирландайо “Призвание Апостолов” (1481 г.); Пинтуриккьо “Энеа Пикколомини уходит в Базельский совет” (роспись 1502—1508 гг.); Яна ван Скорела “Крещение Христа” (1530 г.) и др.

Растения и животные — биота — не менее важные элементы ландшафта, чем все остальные. Прорисовка растительного мира на пейзажах-допейзажа в эпоху треченто была схематичной как по числу растений на изображении, так и по скрупулезности исполнения. Скупая наскальная средиземноморская растительность — постоянный и неотъемлемый элемент религиозных пейзажей-условий и пейзажей-участников на фресках, например, таких мастеров треченто как Дуччо ди Буонинсеня (см. рис. 3) или Джотто ди Бондоне (“Сцены из жизни Христа”, 1303—1306 гг.; “Сцены из жизни Св. Франциска”, 1325—1328 гг.; “Сцены из жизни Св. Стефания”, 1330 г.). Но к завершению периода треченто можно увидеть уже и настоящие лесные пейзажи-условия и пейзажи-участники, например, в “Сценах из жизни Христа” (1395 г.) Мариотто ди Нардо. У некоторых мастеров Северного Возрождения, например, у Брудерлама Мельхиора (“Дижонский алтарь”, 1393—1399 гг.), прорисовка деревьев, кустов и трав достигала весьма высокого уровня. Внимание художников явно начинает переключаться с изображений канонических фигур на рисование элементов природы.

В эпоху кватроченто растительной тематике на пейзажах-допейзажа, а с 1490-х годов — и на настоящих пейзажах, уделяется все большее и большее внимание. Среди множества изображений с обильной, иногда фантастической, иногда весьма реалистической растительностью, особе внимание обращают на себя такие изображения Раннего Ренессанса как “Мадонна в лесу” (1460 г.) Филиппо Липпи; “Полифил в лесу” (1499 г.) Манутиуса Альдуса; “Лесной пожар” (1500 г.) Пьеро ди Козимо (на этом полотне, кроме растительности, обильно представлен и животный мир); “Двор Изабеллы д’Эсте” (1506 г.) Лоренцо Косты Старшего; “Св. Иоанн в пустыне” (1510—1515 гг.) Леонардо да Винчи и др. Среди мастеров Северного Возрождения особым вниманием к прорисовке растений отличаются Ян ван Эйк (“Стигматизация Св. Франциска”, 1428 г.); Ганс Прукендорфер (“Святое семейство в лесу”, 1514 г.); Альбрехт Альтдорфер (“Св. Георгий в лесу”, 1510 г.); Маттиас Грюневальд (“Святые Павел и Антоний в пустыне”, 1515 г.) и др.

Следует отметить, что изображения зеленого мира природной растительностью не ограничивалось. Уже в “Аллегии...” (1337—1339 гг.) Лоринцетти мы видим ухоженные огороды. Огороды еще более красочные и сочные — у Герардо Старнины (“Фиваида”, 1410 г.) и Паоло Уччелло (“Св. Георгий и Дракон”, 1465 г.). Братья Лимбург к ним добавляются тучные пшеничные поля, обремененные плодами фруктовые сады и даже клубничную плантацию (иллюстрации к “Великолепному часослову герцога Беррийского”, 1412—1416 гг.). А у Якопо дель Селлайо видим изысканный парк (“Иоанн Креститель”, 1480 г.). На полотне неизвестного фламандца из Брюгге с характерным названием “Мадонна в саду роз” (1475 г.) мы указывали ранее как на выразительный пример постепенного превращения оконного пейзажа в пейзаж-как-таковой (Тютюнник, 2015).

Животному миру внимания уделяется меньше, хотя единичные его представители присутствуют на полотнах и фресках часто. Например, в сюжетах со Св. Франциском часто изображаются птицы (которым он читал проповеди), а в сюжетах со Св. Иеронимом, как правило, присутствует лев. Целенаправленное обращение к анималистической стихии находим в упоминавшемся выше “Лесном пожаре” ди Козимо, на рисунке “Животные” (1485 г.) Якоба Белларта к книге средневекового энциклопедиста Бартоломея Английского “О свойствах вещей”, на ряде полотен Якопо дель Селлайо и др.

В конце XV — начале XVI в. наиболее любознательные живописцы Ренессанса — Леонардо да Винчи и Альбрехт Дюрер демонстрируют неподдельный интерес к изображению биологических объектов крупным планом не столько с художе-

ственной, сколько с научной целью. Они пытаются не только изучать и осваивать особенности их формы, но и постигать тайны природы живого. Визуализация, демонстрация невидимых сил жизни и роста — задача нетривиальная. Спустя века художественное своеобразие феномена жизни с помощью особой “молекулярной” техники рисунка во всей полноте раскроет Павел Филонов. В период же рождения пейзажа оно улавливалось с помощью более простых приемов. Однако в силу свежести и наивности ренессансной натурфилософии эти приемы давали возможность достичь выразительных и порой неожиданных эффектов в визуализации сил жизненной стихии. Так, на изображении неизвестного художника “Распятие” от 1330 г. (музей г. Аяччо, Франция) Христа распинают на живом дереве, ствол и кора которого произрастают из пластов горных так, как будто в них продолжают геологические силы Земли. Пизанелло в работе “Видение Св. Евстафия” (1440 г.) распятие изображает прорастающим из лба оленя. Благодать как бы подпитывается и поддерживается силой жизни.

И еще один элемент ландшафта, активно осваиваемый и используемый живописцами дученто — кватроченто как в пейзажах-до-пейзажа, так и в первых настоящих пейзажах — инженерные сооружения: крепости, храмы, дома, целые города. Искусствоведы уже давно заметили, что природа в той форме, в какой мы привыкли ее понимать и воспринимать в искусстве живописи, не была “героиней” пейзажа в эпоху Ренессанса, она стала таковой позже, в XVIII в. (Богемская, 2002). Рождался же и становился европейский пейзаж как пейзаж антропогенный — сельскохозяйственный, селитебный, урбанизированный, производственный, или, по крайней мере, включающий в себя поля и сады, дома и сооружения, пути сообщения и производственные объекты. Крепости и города были излюбленным предметом изображения в эпоху и дученто, и треченто. Порой им придавалось особое значение, например, в воображении Таддео ди Бартоло городской ландшафт “на подносе” милостиво даруется людям святым Джиминьяно (1399 г.). Насыщаясь домами и строениями, переходящими в застройку, ландшафт на полотне превращается в настоящий селитебный и даже урбанизированный. Наиболее впечатляющие урболандшафты-условия и урболандшафты-участники видим на картинах и фресках Дуччо ди Буонинсенги “Искушение на горе” (1308 г.), Таддео ди Бартоло “Похороны Богородицы” (1409 г.), Губерта ван Эйка “Три Марии у гроба” (1410–1426 гг.), Андреа Мантеньи “Стрasti в саду” (1459 г.) и др. Многие авторы треченто и кватроченто очень тщательно, тонко и мощно вписывают как отдельные сооружения, так и урболандшафты в целом в сложную гористую и скалистую местность. Достигается эффект

продолжения и участия геологических сил в структурировании инженерного объекта. Через столетия профессора-конструктивисты ВХУТЕМАС’а будут давать студентам специальные задания по силовому вписыванию инженерных структур в структуры геологические, а тогда такое же, но стихийное, вписывание техногенной структуры в геологическую было ни чем иным, как визуализацией силовых принципов романской архитектуры. Одно из главных требований романского зодчества — как можно более полная и эффективная встроенность архитектурной тектоники сооружения в тектонику геоструктуры местности, желательно гористой: простое требование безопасности замка или монастыря в эпоху постоянных войн и стычек. В творчестве Пьеро делла Франческа и Франческо ди Джорджо Мартини, как подчеркивалось выше, урболандшафт средневекового города достигает “кондиции” пейзажа-как-такового. В Северном Возрождении изображения городских видов, выполненные Альбрехтом Дюрером (см. рис. 5в), а также его учителем Михаэлем Вольгемутом совместно с Вильгельмом Плейденвурфом в 1480–1490-х годах, были поставлены, как сейчас сказали бы, на поток.

В 1410-х годах места в пейзаже впервые удостоились такие прозаические элементы ландшафта, как объекты производственные и транспортные. Пионерами здесь стали братья Лимбург, иллюстрировавшие “Великолепный часослов...”: на их миниатюрах находим откидной мост и гончарную печь. Андреа Мантенья в оконном пейзаже картины “Смерть Богородицы” (1460–1464 гг.) ставит мощную дамбу с капитальной водяной мельницей, а Ганс Мемлинг в оконном пейзаже полотна “Мадонна на троне с Младенцем и двумя ангелами” (1490 г.) изображает ветряную мельницу. Дюрер на своих пейзажных акварелях рисует волочильню и водяные мельницы (см. рис. 5а, г). А Августин Хиршфогель в 1540-х годах количество и массу водяных мельниц на некоторых пейзажных рисунках (рис. 6а) доводит до такого уровня, что становится возможным говорить о зарождении *производственного пейзажа* (через века он вырастет в “индустриальный пейзаж”).

И еще об одном роде объектов изображения в раннем пейзаже — о *руинах* и развалинах. Их также можно отнести к техногенным элементам ландшафта, но экзистенциально-художественные (скажем так) функции сих объектов и в пейзажах-до-пейзажа и в пейзажах-как-таковых своеобразны, во всяком случае, не такие как у нормальных сооружений и зданий. Одно из первых (1340 г.) изображений руин, частично античных, видим на фреске капеллы Барди ди Вернио церкви Санта-Кроче (Флоренция), принадлежащей кисти Мазо ди Банко. На ней показаны события из жизни Св. Сильвестра — его сражение со смрадным драконом, от выдоха которого поги-

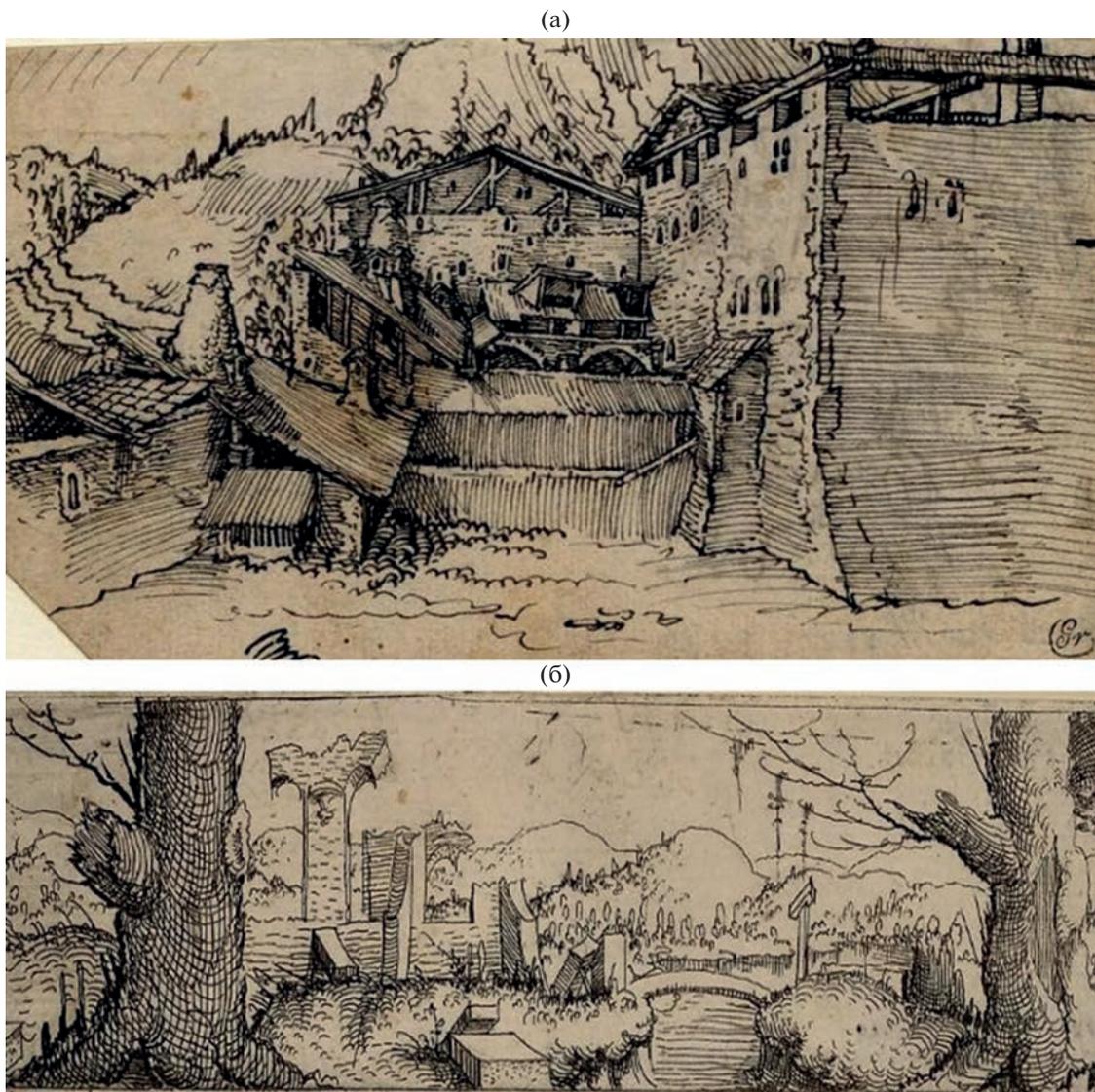


Рис. 6. Производственный (а) и руинный (б) ландшафты – рисунки географа и художника Августина Хиршфогеля 1540-х годов.

бало все живое, а также оживление Сильвестром двух языческих жрецов, которых этот дракон убил. Руины здесь символизируют, с одной стороны, победу над язычеством, с другой – величие античного духа, возрождение которого в Проторенессансе начиналось. Тем же 1340-м г. датируется уже упоминавшаяся фреска Лоренцетти “Аллегория плохого правления” (см. выше). Здесь разрушенные и разрушающиеся сооружения показаны как следствия социальных и экономических неурядиц. В 1390–1395 гг. руинные мотивы проникают в канонические сюжеты “Рождество” и “Поклонение волхвов” – работы Лоренцо Монако (1370–1425) и Мариотто ди Нардо (1373–1424). В дальнейшем изображение руины станет почти неотъемлемой частью этих, без преувеличения, гос-

подствующих сюжетов XIV–XV вв. В этом есть определенная загадка. В Библии нет указания на то, что ясли, где родился Иисус, представляли бы собой какую-то развалину (2 Лук. 7). Поэтому введение художниками в контекст “Рождества” разрушающегося сооружения можно понимать двояко: и как символ того, что Иисус уже самим фактом рождения говорит о своей миссии – спасения разрушаемого грехами мира; и как указание на то, что бедность и аскеза – важнейшие христианские добродетели. Второй аспект “руинной трактовки” сюжета “Рождество” становится особенно ясным, когда он дополняется сюжетом “Дары волхвов”: Младенцу преподносят драгоценные дары, а место подношения – маргинальное, девастированное. На некоторых картинах,

изображающих “Поклонение волхвов”, оно приобретает “размах” настоящего руинного ландшафта-участника: у Сандро Боттичелли (работы 1475–1481 гг.), у Герарда Давида и Яна Госсарта (начиная с 1515 г.) и ряда других живописцев, особенно “северян”. Закономерным следует считать обращение к изображению руин (часто огненных) художников-“сюрреалистов” типа Босха. У них руины прямо говорят и о причинах своего возникновения – порождаются греховными деяниями, и о том, что ожидает грешников после смерти.

В 1540-е годы Августин Хиршфогель на одном из своих рисунков руины помещает в центр композиции и сообщает им основной “идейно-художественный” смысл пейзажного изображения (рис. 6б). Тем самым делается заявка на зарождение *руинного пейзажа*. В дальнейшем эта своеобразная тематика будет живописцами активно эксплуатироваться и в эпоху барокко оформится в самостоятельный пейзажный жанр *каприччо*.

В контексте рождения жанра “пейзаж” силовые изображения той или иной ландшафтной “предметности” – скал, вод, мельниц, руин и пр. – важны не только и не столько сами по себе, сколько во взаимодействии друг с другом, включая человека, который также является одним из элементов ландшафтных. Взаимодействуя друг с другом в пределах множеств однотипных элементов, силовые линии ландшафтных элементов порождают особые линии визуализации геокомпонентов – *огивы*, а взаимодействие огив обуславливает визуальное конституирование самого ландшафта (Тютюнник, 2022). Поэтому степень “пейзажности” изображения будет тем выше, чем лучше художнику удастся передать “систему” силовых взаимодействий элементов и компонентов ландшафта. Наибольшей убедительности и виртуозности в изображении структуры (системы) ландшафтных сил в пейзажах-до-пейзажа достигли такие мастера как Аньоло Гадди (“Император Иракий входит в Иерусалим с истинным крестом”, 1385–1387 гг.); Ян ван Эйк (“Стигматизация Св. Франциска”, 1428–1429 гг.); Доменико Гирландайо (“Призвание апостолов”, 1481 г.); Пьетро Перуджино (целый ряд работ 1480-х – начала 1500-х годов); Ян Мостарт (“Вест-Индийский пейзаж”, 1540 г.) и др. Если из таких полотен (фресок) постепенно убирать визуализацию сил, связанных с внепейзажной тематикой (социальной, сакральной, исторической и др.), мы, в конечном счете, получим пейзаж-как-таковой. В нем достигается завершенная, полная, окончательная визуализация *комплекса* силового взаимодействия элементов и компонентов ландшафта. Первыми такими изображениями, напомним, были работы Альбрехта Дюрера и Леонардо да Винчи, предшествовавшего им Мазолино да Па-

никале и творивших чуть позже Альбрехта Альддорфера и Августина Хиршфогеля³.

ПЕЙЗАЖ КАК ЛИЦЕВОСТЬ ЛАНДШАФТА. ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Подытоживая вышеизложенное, попытаемся дать очень короткое определение того, что же такое пейзаж. В реальной жизни “общий вид местности” схватывается, как *гештальт*, весь и сразу, с разной полнотой у разных реципиентов. В мире пейзажного творчества, не только живописного, но и ландшафтно-архитектурного, садово-паркового, он создается постепенно, шаг за шагом. Одни мастера рисуют быстро, другие медленно. Известно, что Поль Сезанн писал очень медленно (пока он рисовал натюрморт, фрукты успевали сгнить). Но это не помешало ему стать непревзойденным мастером изображения геологических сил ландшафта. В обоих случаях – и быстрого схватывания и пошагового воспроизводства “общего вида местности” – результат должен быть похожим: должно родиться некое целостное *ландшафтное ощущение*. Но если в первом случае это ощущение рождается как гештальт – быстро, почти мгновенно, то во втором гештальтом оно уже не будет, поскольку формируется медленно. С другой стороны, пошаговость в изображении ландшафта не должна препятствовать формированию ландшафтного ощущения, которое, пользуясь известным термином Делёза – Феликса Гваттари (Делёз, Гваттари, 2010, с. 276–316) можно было бы назвать *лицевостью* ландшафта. Лицевость тесно связано с понятием *ландшафтности* (оно предложено французским географом Морисом Ронаи в 1970-е годы), а значит и с самим ландшафтом (Тютюнник, 2019). Непростую теоретическую конструкцию “гештальт-лицевость–ландшафтность–ландшафт–визуализация–пейзаж” в этой статье излагать мы не имеем физической возможности [подробнее она рассмотрена в другой публикации автора (Тютюнник, 2019)]. Подчеркнем только, что в контексте предпринятой попытки выявить специфику жанра “пейзаж”, понятие лицевости может послужить тем онтологическим связующим звеном или катализатором, с помощью которого германское по своим истокам понятие “ландшафт” становится романским “пейзажем”. Это звено-катализатор имеет свойства и качества *машины*. Лице-

³ А. Хиршфогель не был ренессансным художником “первого эшелона”, его работы – это преимущественно графика. Но он был землемером, картографом и путешественником. То есть у истоков европейского пейзажа стоял профессиональный географ. Это – не случайность: предмет жанра “пейзаж”, как выше подчеркивалось, географический (точнее, ландшафтно-географический) в своей основе. Многие пейзажисты Ренессанса были заядлыми путешественниками. Живописец, натуралист, геометр Дюрер, к примеру, два раза посещал Италию, переваливая через Альпы.

вость не дается “со стороны” в акте гештальт-схватывания или феноменологического узрения. Она одновременно воспроизводит что-то и воспроизводится сама, при этом одно от другого неотделимо. Пейзаж конституируется в акте, растянутом во времени — в акте работы машины лице-ности. На “входе” в машину закладываются все доступные наблюдению (в том числе галлюцина-торному) множества элементов ландшафта и то, что называется художественным творчеством. На “выходе” работы машины пейзажетворения получаем ландшафт как пейзаж, индицируемый особым ландшафтным ощущением. В ландшафт-товедении такое ощущение называется *эмер-джентностью*. Предельно огрубляя, можно ска-зать, что пейзаж — это лицевость ландшафта или в более банальной интерпретации общность вида места. Такая трактовка пейзажа, хотя и выглядит, на первый взгляд философско-методической за-умью, имеет одно важное преимущество: она утверждает пейзаж, не как готовую данность, со-зданную художником-пейзажистом и передан-ную им через годы, десятилетия, столетия в гото-вом и завершенном виде зрителю — потребителю художественного “продукта”, а как продолжаю-щийся во времени акт троякого *сотворчества*: ма-стера, ценителя его произведения и самого ланд-шафта (включающего в себя и зрителя и художни-ка). Рождается своеобразный ландшафтно-темпоральный континуум, лишенный лакун, провалов и дыр, столь характерных для хода вре-мени. Формирование похожих континуумов раз-ной природы является одной из важнейших и все-общей задачей искусства. В пейзажной живописи она решается по отношению только к одному, но исключительно важному и для культуры, и для природы объекту, — по отношению к ландшафту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бенуа А. История живописи всех времен и народов. В 4-х томах. Т. I. СПб.: Нева, 2002. 544 с.
- Богемская К.Г. Пейзаж. М.: Аст-Пресс, Галард, 2002. 256 с.
- Делёз Ж. Фрэнсис Бэкон: Логика ощущения / пер. с фр. СПб.: Machina, 2011. 176 с.
- Делёз Ж., Гваттари Ф. Тысяча плато: Капитализм и шизофрения / пер. с фр. Екатеринбург: У-Факто-рия; М.: Астрель, 2010. 632 с.
- Джеймс П., Мартин Дж. Все возможные миры. Исто-рия географических идей / пер. с англ. М.: Про-гресс, 1988. 672 с.
- Кузанский Н. Об ученом незнании / пер с лат.: Соч. в 2-х т. Т. I. М.: Мысль, 1979. С. 47–184.
- Культура древнего Рима. В 2-х томах. Т. I. М.: Наука, 1985. 432 с.
- Либман М.Я. Дюрер и его эпоха. Живопись и графика Германии конца XV и первой половины XVI века. М.: Искусство, 1972. 240 с.
- Лот А. К другим Тассили. Новые открытия в Сахаре / пер. с фр. Л.: Искусство, 1984. 215 с.
- Патер У. Ренессанс. Очерки искусства и поэзии / пер. с англ. М.: Изд. дом Международного университе-та в Москве, 2006. 352 с.
- Подорога В.А. Метафизика ландшафта. Коммуника-тивные стратегии в философской культуре XIX–XX вв.; 2-е изд., перераб. и доп. М.: РООИ “Реаби-литация”, 2013. 552 с.
- Сидоров А.И. В ожидании Апокалипсиса. Франкское общество в эпоху Каролингов, VIII–X века. СПб.: Наука, 2018. 223 с.
- Тютюнник Ю.Г. Ландшафт и ландшафтность. К.: Ин-ститут эволюционной экологии НАН Украины, 2019. 124 с.
- Тютюнник Ю.Г. Предмет и становление пейзажа в ев-ропейской живописи // Изв. РГО. 2015. Т. 147. Вып. 3. С. 17–29.
- Тютюнник Ю.Г. Топологическое представление геоком-понентов // Изв. РГО. 2022. Т. 154. № 2. С. 17–29.
- Хан-Магомедов С.О. ИНХУК и ранний конструкти-визм. М.: Architectura, 1993. 248 с.
- Kluge F. Etymologischens Wörterbuch der deutschen Sprache. Berlin–N.Y.: Walter de Gruyter, 1975. 920 S.
- Roger A. Court traite du paysage. Paris: Gallimard, 1997. 204 p.

On the Question of the European Landscape Origin (A View of the Scientist of Landscape Science)

Yu. G. Tyutyunnik*

Institute for Evolutionary Ecology NAS Ukraine, Kyev, Ukraine

**e-mail: yulian.tyutyunnik@gmail.com*

In the context of landscape studies and from the standpoint of the “power” theory of fine art by Gilles Deleuze (the concepts of line-strength, color-strength, composition-strength), the process of the birth of the “landscape” genre in European fine art, starting from prehistoric times and ending with the first half of the 16th century, in which the formation of the genre can be considered complete. It is shown that the landscape genre (“landscape-as-such”) was born gradually, passing through the stages of “landscape-decor,” “land-scape-background,” “landscape-condition,” “landscape-participant.” The essence and features of each stage are explained. The role of individual painters who made the greatest contribution to the formation of the genre in different periods of the development of European art, from the Proto-Renaissance to the High Re-

naissance, is revealed. The features of the methods of depiction, artistic interpretation and representation of landscape components (geocomponents) and the landscape as a whole at different stages of the genre's formation are shown. Particular attention is paid to the work of such masters of the Early and Northern Renaissance as Masolino da Panicale, Albrecht Dürer, Leonardo da Vinci, Albrecht Altdorfer, Augustin Hirschvogel. The outstanding importance for the development of the landscape genre in European painting of the work of Albrecht Dürer, especially his watercolors of the 1480s–1490s, is emphasized. An attempt is made to reveal the ontological specifics of landscape images, based on the theory of the existential-topological representation of geocomponents, the landscape as a whole and the place of a person in it. For this, such concepts of the philosophy of poststructuralism as “ogiva,” “faciality,” “landscapity” are used.

Keywords: landscape, view, line-strength, faciality, Proto-Renaissance, Early Renaissance, Northern Renaissance

REFERENCES

- Benua A. *Istoriya zhivopisi vseh vremen i narodov* [History of Painting of All Times and Peoples]. In 4 vols. St. Petersburg: Neva Publ., 2002. Vol. I. 544 p.
- Bogemskaya K.G. *Peizazh* [Landscape]. Moscow: Ast-Press, Galart, 2002. 255 p.
- Deleuze G. *Francis Bacon: Logique de la sensation*. La Roche-sur-Yon: Éditions de la Différence, 1981. 112 p.
- Deleuze G., Guattari F. *Mille plateaux: Capitalisme et schizophrénie*. Paris: Éditions de Minuit, 1980. 646 p.
- Khan-Magometov S.O. *INHUK i rannii konstruktivism* [INHUK and Early Constructivism]. Moscow: Architektura, 1993. 248 p.
- Kluge F. *Etymologischens Wörterbuch der deutschen Sprache*. Berlin–N.Y.: Walter de Gruyter, 1975. 920 p.
- Kul'tura drevnego Rima* [Culture of Ancient Rome]. In 2 vols. Moscow: Nauka Publ., 1985. Vol. I. 432 p.
- Kuzansky N. *Ob uchenom neznanii*: translation from Latin [About Scientific Ignorance]. Op. in 2 vols. Moscow: Mysl' Publ., 1979, vol. I, pp. 47–184.
- Lhote H. *Vers d'autres Tassilis. Nouvelles découvertes au Sahara*. Paris: Arthaud, 1976. 212 p.
- Libman M.Ya. *Dyurer i ego epokha. Zhivopis' i grafika Germanii kontsa XV i pervoi poloviny XVI veka* [Dürer and His Era. Painting and Graphics of Germany at the End of the 15th and the First Half of the 16th Century]. Moscow: Art, 1972. 240 p.
- Pater W. *Studies in the History of the Renaissance*. London: Macmillan and Co., 1873. 216 p.
- Podoroga V.A. *Metafizika landshafta. Kommunikativnye strategii v filosofskoi kul'ture XIX–XX vekov* [Metaphysics of the Landscape. Communication Strategies in the Philosophical Culture of the 19th–20th Centuries]. 2nd ed., revised. and additional. Moscow: “Kanon+”, ROOI “Reabilitaciya”, 2013. 552 p.
- Roger A. *Court traite du paysage*. Paris: Gallimard, 1997. 204 p.
- Sidorov A.I. *Vozhidanii Apokalipsisa. Frankskoe obschestvo v epokhu Karolingov, VIII–X veka* [Waiting for the Apocalypse. Frankish Society in the Carolingian Era, 8th–10th Centuries]. St. Petersburg: Nauka Publ., 2018. 223 p.
- Tyutyunnik Yu.G. *Landshaft i landshaftnost'* [Landscape and Landscapity]. Kyiv: Institute of Evolutionary Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2019. 124 p.
- Tyutyunnik Yu.G. The subject and formation of the landscape in European painting. *Izv. Rus. Geogr. Obshch.*, 2015, vol. 147, no. 3, pp. 17–29. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. Topological representation of geocomponents. *Izv. Rus. Geogr. Obshch.*, 2022, vol. 154, no. 2, pp. 17–29. (In Russ.).

О ЕДИНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

© 2023 г. С. В. Осипов*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

**e-mail: sv-osipov@yandex.ru*

Поступила в редакцию 05.07.2021 г.

После доработки 31.10.2022 г.

Принята к публикации 28.12.2022 г.

В статье представлен взгляд автора на классификационные критерии и подходы к единой классификации ландшафтных комплексов (геокомплексов): ненарушенных природных, частично измененных, полностью преобразованных. Обоснованы пять критериев: 1) особенности в связи с расположением в геосферах; 2) степень естественности–искусственности; 3) географическое положение; 4) период развития (динамическое состояние); 5) особенности (основные черты) состава, строения и функционирования геокомплексов и их компонентов. Критерии охватывают существующее многообразие геокомплексов, учитывают их существенные свойства и закладывают основу для единой классификации, образуют разноплановую (разноаспектную и разноуровневую) систему – многомерное классификационное пространство структурно-функционального подхода для локальных и региональных уровней. Предложено выделение 6 классов I-го ранга – естественных и искусственных: атмосферных, гидросферных, литосферных; 28 классов II-го ранга (отделов или вариантов). Приведен фрагмент классификации техно-природных, природно-технических и технических урочищ (классы III-го и IV-го рангов). Отмечено, что рассмотренные критерии необходимы, но не достаточны, например, для классификации искусственных геокомплексов, изучение и классификация которых – область взаимодействия с другими техническими, общественными и естественными науками при лидирующей роли географии.

Ключевые слова: природный и природно-технический геокомплекс, геосистема, ландшафт, урочище, разнообразие, структура, функционирование, динамика, техногенный

DOI: 10.31857/S2587556623020073, EDN: KFTORX

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Антропогенная трансформация географической оболочки – антропогенез – происходит со значительным ускорением (Федотов, 1985, 2014). Хозяйственная деятельность человека ведет к появлению большого числа частично и полностью измененных географических комплексов. Несмотря на полное исчезновение (уничтожение) некоторых типов (классов) геокомплексов (как природных, так и антропогенных), их общее разнообразие увеличивается. При этом многообразие их антропогенных вариантов (в особенности локальных уровней) остается необозримым из-за неразработанности вопросов их систематизации. Недостаточное развитие систематики антропогенных геокомплексов является фактором, существенно обедняющим содержание различных (универсальных и специализированных) географических карт и информационных систем. Недостаточная проработанность вопросов классификации особенно остро встает при изучении фрагментированных природно-антропогенных и

полностью антропогенно трансформированных территорий.

В географии классификации всегда имели и имеют важнейшее значение, несмотря на то, что в конкретных дисциплинах в определенные периоды можно наблюдать, по образному выражению В.С. Тикунова (1997), ренессанс или увядание. В систематике ландшафтных комплексов наиболее развит генетический (структурно-генетический, эволюционный) подход. Структурно-функциональные классификации геокомплексов предложены М.А. Глазовской (1964); Ф.Н. Мильковым (1973, 1986, 1990), А.И. Перельманом (1975; Перельман, Касимов, 1999), А.Г. Исаченко (1975, 1988), В.А. Николаевым (2005) и др. Некоторые из них стали классическими, но каждая охватывает лишь часть известного разнообразия геокомплексов. Новые разработки структурно-функциональных классификаций в основном связаны с развитием геоинформационных технологий картографирования ландшафтного покрова (land cover) (Developments ..., 2004; Gregorio and Jansen,

1998; Ma et al., 2015; Mûcher et al., 2010; Remote ..., 2012; Zanden et al., 2016). Но и они не решают проблемы единой классификации природных и антропогенных геокомплексов.

Цель настоящей статьи – представить взгляд автора на классификационные критерии и обосновать подходы к единой классификации всего многообразия ландшафтных комплексов (геокомплексов): ненарушенных природных, частично измененных, полностью преобразованных и пр.

ПОДХОДЫ

Рассматриваемые объекты классификации – географические комплексы (геокомплексы) – “целостные территориальные сочетания взаимосвязанных и взаимообусловленных географических компонентов” (Исаченко, 2004, с. 29). Классификационные параметры – характеристики современной структуры геокомплексов. Такой подход Ф.Н. Мильков (1973, 1977) на основе философских понятий назвал “классификацией ландшафтов по их содержанию”. На основе общенаучных понятий этот подход обычно называют структурно-функциональным. Но, учитывая многозначность понятия “структура”, точнее было бы назвать его морфофункциональным, соединяющим морфологический и функциональный подходы (Осипов, 2005).

Для разработки единой классификации всего многообразия геокомплексов целесообразно понимать ландшафтный комплекс в широком (об-

щегеографическом) смысле, когда наряду с природными компонентами и процессами в него включается народонаселение, процессы и результаты его жизнедеятельности (Берг, 1945; Калущков, 2008а, 2008б; Николаев и др., 2008; Солнцев, 1981; Тютюнник, 1989, 1993–1995, 2004, 2017; Development ..., 2002).

Разнообразие геокомплексов предопределяет иерархическую форму классификации. Так как общепринятая система классификационных рангов отсутствует, в особенности в структурно-функциональном подходе и для антропогенных геокомплексов, нами приняты цифровые обозначения классификационных рангов. Термин “класс” используется как безранговый, применимый к классификационным единицам любого ранга.

Легче воспринимаемая и проще воспроизводимая классификация получается при использовании для каждого классификационного ранга отдельного критерия (Арманд, 1975). Это один подход: при переходе от одного классификационного ранга к другому критерии сменяются. Другой подход (противоположный первому) – при переходе от одного классификационного ранга к другому критерий детализируется (при переходе к более низкому рангу) или обобщается (при переходе к более высокому рангу). Нередко эти подходы сочетаются. Для решения поставленной задачи не обойтись без сочетания этих подходов из-за огромного разнообразия объектов и, как следствие, большого числа классификационных рангов и сложности формализации критериев.

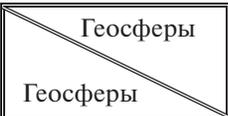
	Литосфера	Гидросфера	Атмосфера
Атмосфера	Атмолитосферные (наземные)	Атмогидросферные (воздушно-водные (водно-поверхностные) и воздушно-ледовые)	Атмосферные (воздушные)
Гидросфера	Гидролитосферные (донные (подводные) и ледово-минеральные (подледниковые))	Гидросферные (водные и ледовые)	
Литосфера	Литосферные (подземные (минеральные))	Атмогидролитосферные (земноводные и ледниковые)	

Рис. 1. Классы геокомплексов в связи с расположением в геосферах. Геокомплексы: над диагональю (три ячейки в верхнем левом углу) – в месте контакта двух геосфер, по диагонали – в толще одной из геосфер, под диагональю (объединенная ячейка в нижнем правом углу) – в месте контакта трех геосфер.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Критерий 1. Особенности организации геокомплексов в связи с расположением в геосферах. Изначально представления о геокомплексе (природном территориальном комплексе, ландшафте) складывались как о сочетании нескольких природных компонентов в месте контакта геосфер на поверхности Земли. Отталкиваясь от этих представлений, рассмотрим возможные сочетания геосфер (точнее, их фрагментов) в пространственных границах одного геокомплекса. Используем классическую комбинаторику трех геосфер – лито-, атмо- и гидросферы, особенности которых определяют важнейшие черты организации (строения, функционирования, развития) геокомплексов (рис. 1).

Кроме геокомплексов в месте контакта двух-трех геосфер, целесообразно признать существование геокомплексов, которые расположены не на границе геосфер, а в толще одной из них. Эти представления развивал И.М. Забелин (1952, 1959, 1978). Он выделил сначала шесть, а позже восемь основных физико-географических комплексов, слагающих географическую оболочку (биогеосферу): климатический (тропосфера), океанический (биоокеанический), абиссальный, донно-океанический, ландшафтный, литосферный, ледниковый, водно-ледовый. Каждый физико-географический комплекс образован определенным, отличным от других, набором компонентов (Забелин, 1978). Для климатического, абиссального и литосферного комплексов указано по одному основному компоненту – воздух, вода и горные породы соответственно. В качестве составной части или “*основной объемной единицы*”, однопорядковой с ландшафтом, указаны воздушные массы для климатического комплекса и геологические фации для литосферного (Забелин, 1952, 1978); в структуре абиссального комплекса рассмотрены разнообразные течения и вихри, отмечено его трехслойное строение.

Обоснованы представления о том, что в толще морей и океанов формируются внутриводные (аквально-глубинные) геокомплексы (Лымарев, 1978, 1988), образующие слой (слои) между водно-поверхностными и донными геокомплексами и соответствующими им слоями. Обычен взгляд на пещеры как подземные геокомплексы (Гвоздецкий, 1954, 1988; Гергедава, 1983; Позаченок и др., 2009). Рассматривая место пещер в ландшафтной сфере, Ф.Н. Мильков (1990) предложил критерий разграничения подземных и наземных геокомплексов. Он писал: “*Представляется, что неглубокие пещеры, не выходящие за пределы современной коры выветривания, составляют часть наземных ландшафтов, более же глубокие пещеры образуют подземный вариант (отдел) ландшафтной сферы Земли, аналогичный наземному, земноводному, ле-*

довому, водно-поверхностному и донному вариантам” (Мильков, 1986, с. 196–197). В общем, как литосферные (подземные) геокомплексы можно рассматривать геологические тела надпородных уровней, в том числе пронизанные трещинами и разломами, содержащие полости и пещеры, включающие скважины и выработки, имеющие жидкую и газовую фракции. Для структурно-функционального подхода наиболее близко понятие структурно-вещественного комплекса (Забродин и др., 1986).

Отталкиваясь от представлений И.М. Забелина (1952, 1959, 1978) о физико-географических комплексах (в частности о климатическом) и по аналогии с литосферными и гидросферными геокомплексами целесообразно признать существование атмосферных геокомплексов. Это тем более оправдано, если учесть, что, во-первых, размеры атмосферы (толщина и объем) существенно превышают размеры лито- и гидросферы, и, во-вторых, в атмосфере также существуют весьма устойчивые структуры: атмосферные слои, воздушные массы, области высокого и низкого давления, барические системы и др.

Н.А. Солнцев (1968) различал полные и неполные природные комплексы. Полные включают все природные компоненты, неполные – не все. Полные характерны для двух классов: атмолитосферные (наземные) и атмогидролитосферные (земноводные и ледниковые) (см. рис. 1). Важно отметить, что во многих случаях в области контакта двух геосфер не существует полных геокомплексов. Это относится к двум другим классам: гидролитосферные (донные и ледово-минеральные) и атмогидросферные (воздушно-водные и воздушно-ледовые). В то же время, в классе литосферных геокомплексов, расположенных в одной из геосфер, есть полные (например, литосферные массивы с пещерами часто включают полный набор компонентов, в том числе биоту и почву или почвоподобные образования). Вообще, существование геокомплексов, расположенных не на границе геосфер, а в толще одной из них, кажется вполне естественным, если не забывать, насколько атмо-, гидро- и литосфера взаимно проникают и перекрываются друг с другом и биосферой, и насколько географические компоненты многообразно сочетаются в разных местах географической оболочки.

В целом, предлагаемая трехмерная матрица (см. рис. 1) формализует систему высших классов – отделов – природных геокомплексов, различные варианты которой рассмотрены несколькими авторами (Лымарев, 1988; Мильков, 1981, 1986, 1990; Рихтер, 1969, 1971).

Критерий 2. Степень преобразованности или естественности–искусственности геокомплексов. Одна из важнейших характеристик единой

классификации природных и техногенных геоконструкций – степень и характер их преобразованности деятельностью человека. Так, А.Г. Исаченко (1976) выделяет (1) условно неизменные, или первобытные, (2) слабоизмененные, (3) нарушенные (сильно измененные), (4) культурные, или рационально преобразованные, ландшафты. Ф.Н. Мильков (1990) подчеркивает специфику следующих объектов: (1) естественные ландшафты (природные территориальные комплексы), (2) антропогенные ландшафты, (3) ландшафтно-техногенные (ландшафтно-технические) системы. Б.И. Кочуров с соавт. (2009) предлагает парные шкалы: неиспользуемые–используемые как естественные угодья–возделываемые–застроенные территории, неиспользуемые–используемые в естественном виде–водохозяйственные–производственного использования акватории. Г.С. Макунина (2005) различает коренные и условно-коренные–вторично-производные–антропогенно-модифицированные–техногенно трансформированные ландшафты.

Нами предлагается использовать для классификации следующий ряд геоконструкций по степени их преобразованности деятельностью человека, а точнее, по степени естественности–искусственности: природные–техно–природные–природно-технические–технические (Осипов, Гуров, 2016, 2018, 2019). Природные геоконструкции образованы природными компонентами и характеризуются естественным строением, функционированием и развитием. Если они испытали или испытывают влияние деятельности человека, то это влияние не трансформировало инвариант геоконструкции. Тем самым, такие антропогенные изменения являются обратимыми. Техно–природные геоконструкции так же образованы природными компонентами. Однако, антропогенные воздействия существенно трансформировали некоторые компоненты и инвариант в такой степени, что самопроизвольное возвращение геоконструкции в первоначальное состояние стало невозможным. Необратимость изменений часто обусловлена преобразованием литогенной основы ландшафта и созданием отдельных сооружений. Природно-технические геоконструкции в значительной степени состоят из искусственных материалов и сооружений, природные компоненты в них существенно преобразованы. Как следствие, строение, функционирование и развитие природно-технических геоконструкций определяется в большей степени деятельностью человека, природные процессы играют в них значительную, но не ведущую роль. Технические геоконструкции – в их строении, функционировании и развитии определяющими являются искусственные (инженерно-технические) составляющие: материалы, конструкции, технологические процессы, а природные составляющие (компоненты, процессы) имеют второстепенное значение. К

техническим геоконструкциям можно отнести атомные электростанции и подобные промышленные сооружения с надземными и подземными ярусами, военные бункеры, хранилища ядерных отходов, буровые платформы, многоэтажные здания и др. В настоящее время технические геоконструкции имеют размерность фаций и урочищ, и немногие из них достигают размерности местности и ландшафта (например, такие, как плотная высотная застройка).

Классы высших рангов выделены на основе 2-х главных критериев (осей-характеристик): 1) основные черты организации геоконструкций в связи с расположением в геосферах и 2) степень преобразованности или, точнее, естественности–искусственности геоконструкций. Эти оси-характеристики позволяют выделить 28 классов (рис. 2).

Приведенные на рис. 2 в качестве примеров объекты рассматриваются в ландшафтном аспекте. Термины, отображающие объекты как геоконструкции, хорошо развиты для классов 1 (природные атмолитосферные) и 5 (природные гидролитосферные). Для большинства других классов такие (ландшафтные) термины отсутствуют. То есть в ландшафтном смысле, мелководье – это не только масса воды, но геоконструкция, состоящая из водной массы, выстилающих горных пород, надводной массы воздуха; плотина – это не только искусственная конструкция, но геоконструкция (природно-техническая система), состоящая из технического сооружения, подстилающих и прилегающих горных пород, окружающих и пронизывающих водных и воздушных масс. Приводя примеры техно–природных, природно-технических и технических геоконструкций, мы следуем ландшафтному взгляду на объекты.

Критерий 3. Географическое положение геоконструкций. Этот критерий имеет несколько весьма независимых составляющих.

3.1. Положение в спектре широтных зон (полюсов), секторов и высотных зон (полюсов), определяющее и отображающее важнейшие гидротермические особенности атмолитосферных (наземных) геоконструкций. Емкое толкование этого критерия для наземных геоконструкций находим у А.Г. Исаченко (1991, с. 233): «*Важнейшие процессы функционирования ландшафтов, такие, как влагооборот, биологический круговорот веществ, почвообразование, продуцирование биомассы, определяются тепло- и влагообеспеченностью ландшафта, т.е. поступлением солнечной энергии и активной влаги. Распределение же тепла и влаги и их соотношение зависят от широтной зональности, секторности, высотной ярусности ландшафтов, и эти важнейшие закономерности ландшафтообразования должны служить исходными “координатами” при классификации ландшафтов*». Этот критерий

Ось 2 Ось 1		Природные	Техно-природные	Природно-технические	Технические
Атмосферные	1. Природные атмосферные (наземные): песчаные пустыни, полигональные тундры, широколиственно-лесные склоны, борсально-лесные низкогорья	2. Техно-природные атмосферные (наземные): села, сельскохозяйственные поля, парки, складские площадки	3. Природно-технические атмосферные: районы среднеэтажной застройки, железные дороги, автодороги	4. Технические атмосферные: районы плотной многоэтажной застройки, атомные электростанции, космодромы	
Гидролитосферные	5. Природные гидролитосферные (донные (подводные) и ледово-минеральные (подледниковые)): профундали, батиаля, абиссали	6. Техно-природные гидролитосферные (донные (подводные) и ледово-минеральные (подледниковые)): искусственные рифы, подводные исторические памятники, донные выемки (карьеры)	7. Природно-технические гидролитосферные: подводные кладбища кораблей, полигоны дампинга	8. Технические гидролитосферные: подводные лаборатории	
Атмогидросферные	9. Природные атмогидросферные (воздушно-водные (водно-поверхностные) и воздушно-ледовые): водные поверхности с прилегающими массами воды и воздуха, слявины, айсберги	10. Техно-природные атмогидросферные (воздушно-водные (водно-поверхностные) и воздушно-ледовые): акватории с интенсивным судоходством	11. Природно-технические атмогидросферные: плавучие города, скопления плавающего мусора, разливы нефти на море	12. Технические атмогидросферные: наводные лаборатории, плавучие нефтяные платформы	
Атмогидролитосферные	13. Природные атмогидролитосферные (земноводные и ледниковые): мангровые литорали, мелководья морей и озер, ледники с подстилающими горными породами и надледными массами воздуха	14. Техно-природные атмогидролитосферные (земноводные и ледниковые): водные деревни, пруды, мелководья водохранилищ, обводненные котлованы	15. Природно-технические атмогидролитосферные: порты, плотины, технологические водосемы	16. Технические атмогидролитосферные: плавучие доки	
Атмосферные	17. Природные атмосферные (воздушные): воздушные массы	18. Техно-природные атмосферные (воздушные): воздушные коридоры с интенсивным движением авиатранспорта	19. Природно-технические атмосферные	20. Технические атмосферные	
Гидросферные	21. Природные гидросферные (водные и ледовые): батипелагиали, абиссопелагиали, ледовые массы в толще ледников	22. Техно-природные гидросферные (водные и ледовые): загрязненные водные массы в толще морей и океанов	23. Природно-технические гидросферные	24. Технические гидросферные: подводные плавучие лаборатории	
Литосферные	25. Природные литосферные (подземные (минеральные)): массивы горных пород глубже коры выветривания	26. Техно-природные литосферные (подземные (минеральные)): пройденные выработками массивы горных пород глубже коры выветривания	27. Природно-технические литосферные: глубокие тоннели (расположенные глубже коры выветривания)	28. Технические литосферные: глубоко расположенные военные объекты	

Рис. 2. Классификация геосистем: классы II-го ранга (с примерами) в пространстве двух осей-характеристик.

детально проработан и используется для наземных природных геоконплексов при выделении классов высоких рангов. Ф.Н. Мильков (1986, 1990) обосновал его применение при классификации антропогенных геоконплексов. Особенности городских ландшафтов разных природных зон емко охарактеризованы, например, А.С. Крюковым (1967). Широтно-зональное положение – важный критерий не только для наземных, но и для воздушно-водных (водно-поверхностных), земноводных (береговых и мелководных), донных (подводных) и водных геоконплексов (Лымарев, 1978, 1988).

3.2. Глубинное положение, определяющее и отображающее такие характеристики, как давление, освещенность (интенсивность и спектральный состав света), температурный режим, химический состав. Этот критерий имеет важнейшее значение для гидролитосферных (донных (подводных) и ледово-минеральных (подледниковых)), гидросферных (водных и ледовых), литосферных (подземных) геоконплексов (для последних фактор освещенности не имеет значения).

3.3. Положение в рельефе, определяющее и отображающее важнейшие экзо- и эндогенные особенности геоконплексов. Этот критерий имеет важнейшее значение для всех геоконплексов с литогенной основой: атмолитосферных (наземных), гидролитосферных (донных (подводных) и ледово-минеральных (подледниковых)), атмогидролитосферных (земноводных и ледниковых).

Три отмеченные характеристики – это далеко не все составляющие географического положения. Например, для воздушно-водных (водно-поверхностных), донных (подводных) и водных геоконплексов важно положение относительно течений (в том числе вертикальных), для атмолитосферных (наземных) – относительно соседних вершин и базисов эрозии.

Несомненно, географическое положение существенно сказывается на особенностях строения и функционирования также техно-природных, природно-технических и технических геоконплексов. Ведь при проектировании инженерных сооружений неизбежно приходится учитывать большое число природных факторов, которые при строительстве и эксплуатации оказывают или могут оказать заметное влияние на них (для наземных условий – это теплообеспеченность, минимальные и максимальные температуры, ветровой режим, количество и интенсивность жидких и твердых осадков, др.; для земноводных условий – это характер грунта, глубина, температурный режим, ледовые условия, скорость течения, интенсив-

ность волнения, приливы–отливы, др.). Также учитываются всевозможные воздействия инженерных сооружений на окружающую среду.

Методологическое значение данного критерия в том, что он позволяет учесть особенности функционирования классифицируемых геоконплексов, используя характеристики более обширных территорий и акваторий, обычно хорошо проработанные (в виде самых разных схем зональности и районирования). Этот критерий детализирует критерий 1 – особенности организации геоконплексов в связи с расположением в геосферах – и используется на самых разных классификационных уровнях. Оба эти критерия конкретизируют позиционный принцип – “зависимость существенных свойств объектов от их положения в пространстве” [(Родоман, 1979, с. 14); см. также (Гришанков и др., 1991)].

Критерий 4. Период развития (динамическое состояние) геоконплексов. Период (стадия, фаза, этап) развития или динамическое состояние геоконплексов и геоконпонентов, с одной стороны, определяет, с другой стороны, отражает многие особенности их строения и функционирования. А.А. Крауклис (1979), дополнив представления В.Б. Сочавы (1978), выделил 5 динамических состояний природных географических фаций: коренные, полукоренные, мнимокоренные, полусерийные, серийные. Ф.Н. Мильков (1973) писал о двух легко различающихся стадиях развития большинства антропогенных ландшафтов: ранней, неустойчивой, и зрелой, устойчивой. И.И. Мамай (2005) охарактеризовала три фазы развития природных территориальных комплексов: зарождения и становления, устойчивого существования и медленного развития, смены. Динамическое состояние полно отражают и категории преобразованности (трансформации) геоконплексов/геосистем деятельностью человека, таких категорий много, разные авторы предлагают различные понятийные ряды и группы (Исаченко, 1976; Кочуров и др., 2009; Макунина, 2005; Мильков, 1990).

При выделении классов высших рангов необходимо и достаточно различать два периода развития, которые соответствуют серийному и климаксному состояниям (если отталкиваться от концепции сукцессии), или ранней, неустойчивой, и зрелой, устойчивой, стадиям согласно Ф.Н. Милькову (1973). При выделении классов средних и низших рангов понадобится более детальная периодизация развития геоконплексов/геосистем. В этом случае для природных геоконплексов первый период на основе концепции сукцессии может быть подразделен на ранне-, средне- и поздне-сукцессионную стадии. Для целе-

направленно созданных (Николаев, 2005) техноприродных, природно-технических и технических геокомплексов, с нашей точки зрения, важно различать следующие пять периодов развития (динамических состояний): создания (строительства), целевого функционирования (эксплуатации), консервации, реконструкции (восстановления), деструкции (разрушения, ликвидации, деградации). Причем три средних периода в процессе развития геокомплекса могут повторяться.

Период развития (динамическое состояние) отдельных геокомпонентов и их характеристик имеет двойное значение. Во-первых, индикационное: хорошо известны физиономичность и значимость растительности и рельефа как индикаторов функционирования и развития геокомплекса в целом. Во-вторых, гетерохронность развития компонентов, различия их динамических состояний обуславливают особенности строения и функционирования геокомплекса, что имеет классификационное значение.

В названиях классов по умолчанию (без дополнительных терминов) для природных геокомплексов подразумевается климаксовый период, для техноприродных, природно-технических и технических – период целевого функционирования.

Данный критерий непосредственно связывает структурно-функциональный и генетический подходы. Ведь особенности строения и функционирования геокомплексов во многом зависят от периода (стадии, фазы, этапа) развития или/и динамического состояния геокомплексов. Кроме этого, некоторые классы и классификационные понятия, обоснованные в одном из подходов, могут быть использованы в классификационных построениях в рамках другого подхода.

Критерий 5. Особенности (основные черты) состава, строения и функционирования геокомплексов и их компонентов. Этот критерий детализирует критерий 1 и включает много различных составляющих – характеристики состава, строения и функционирования геокомпонентов и геокомплексов. По сути, это большой комплекс критериев, требующий отдельного рассмотрения.

В настоящее время данный критерий более проработан для природных геокомплексов и менее – для антропогенных. В то же время, для антропогенных геокомплексов он позволяет использовать сложившиеся понятия из разных областей деятельности, помимо научной: инженерной, проектной, строительной и др. (рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотренные выше критерии охватывают различные важнейшие аспекты, соотносятся с су-

щественными свойствами геокомплексов и закладывают основу для единой классификации всего многообразия природных и антропогенных, естественных и искусственных геокомплексов. Эти критерии оказываются вполне операциональными в процессе картографирования в большом диапазоне масштабов. Намеченные классы II-го ранга неплохо структурируют многообразие классов более низких рангов (см. рис. 2, 3).

Для выделения классов III-го и более низких рангов основные критерии (комплексы критериев) – 5 и 3, а также, в меньшей степени, критерий 4. При выделении классов этих рангов становится очевидным, что при таком многообразии и несхожести геокомплексов критерии для одного классификационного ранга (n) могут быть сформулированы только в очень обобщенном виде. Более операциональные критерии должны быть конкретизированы в пределах отдельных классов более высоких рангов ($n + 1, n + 2$).

О классификации технических геокомплексов. Ландшафтно-геосистемный подход к техническим объектам, несмотря на различие взглядов (Дьяконов, 1978; Мильков, 1977, 1986, 1990; Николаев и др., 2008, 2011, 2013; Природа ..., 1978; Ревзон, 1992; Тютюнник, 1991, 2017), заставляет рассматривать инженерно-техническое сооружение как часть, подсистему или компонент геокомплекса. Такой комплексный (интеграционный) подход – альтернатива более частным. Так, если делать чрезмерный акцент на обособленность технического сооружения, то это будет более частная техническая точка зрения. Если подчеркивать примат природных компонентов, то это будет более частная физико-географическая точка зрения. Каждая из отмеченных методологических позиций имеет свои преимущества в своей области. В области разработки единой классификации природных и антропогенных геокомплексов/геосистем более результативным является наиболее комплексный подход: “структура целенаправленно созданных людьми ландшафтов включает три основных подсистемы: природную, хозяйственную, социальную” (Николаев и др., 2008, с. 6). Ставя задачу объединить в единой классификации все многообразие геокомплексов, важно объединить и весьма различные знания об объектах, главным образом, естественно-научные, инженерно-технические, общественно-научные.

И.С. Шукин (1980, с. 97) как географические компоненты особого рода отметил “компоненты культурного ландшафта – антропогенные, социогенные”. Ю.Г. Тютюнник (2017, с. 43) подчеркивает, что ландшафтные объекты “являются полными ландшафтными компонентами”. Чаще эти компоненты так и называют – техногенными (Николаев и др., 2008; Тютюнник, 1990, 2004, 2017). Но в рамках структурно-функционального

Классы II ранга	Классы III ранга	Классы IV ранга
2. Техно-природные атмосферные (наземные)	Пригородные, сельские и дачные районы	Пригороды Сельские поселения Дачные районы
	Площадки	Производственные площадки
	Транспортные коридоры наземные	Дороги мало обустроенные Трубопроводы наземные и подземные Линии электропередачи воздушные
	Отвалы и обнажения горных пород	Насыпи и отвалы горных пород Обнажения горных пород
	Сельскохозяйственные земли	Сельскохозяйственные поля Сады Лесопосадки (лесокультуры) Сеяные пастбища
	* Рекреационные и тренировочные комплексы на местности * Сакральные места	Парки и скверы Спортивные и тренировочные комплексы на местности Кладбища и мемориалы
3. Природно-технические атмосферные	Промышленные зоны с разреженной технической инфраструктурой	Деревообрабатывающие предприятия Животноводческие комплексы Сельскохозяйственные заводы Рыбоперерабатывающие заводы
	Городские районы со средне- и малоэтажной застройкой	Городские районы со среднеэтажной застройкой Городские районы с малоэтажной застройкой
	Транспортные магистрали	Наземные магистрали Мосты sensu lato * Тоннели
	* Транспортные узлы	Железнодорожные узлы Аэропорты Автодорожные узлы
	* Отвалы и разливы промышленных и бытовых отходов	Отвалы шламовые Золоотвалы Отвалы бытовых отходов
4. Технические атмосферные	Высокотехнологичные городские строения	Высотные жилые и общественные здания Многоэтажные жилые и общественные здания
	Городские районы с высотной и многоэтажной застройкой	Городские районы с высотной застройкой Городские районы с многоэтажной застройкой
	Промышленные зоны с плотной технической инфраструктурой	Атомные электростанции Тепловые электростанции Металлургические заводы
	* Высокотехнологичные производственные строения	Металлургические цеха Энергоблоки электростанций Военные бункеры
7. Природно-технические гидролитосферные	* Отвалы (свалки) промышлен- ных и бытовых отходов	Кладбища кораблей подводные Полигоны дампинга
10. Техно-природные атмогидросферные (воздушно-водные (водно- поверхностные) и воздушно-ледовые)	Транспортные коридоры наводные	Акватории с интенсивным судоходством
14. Техно-природные атмогидролитосферные (земноводные и ледниковые)	* Рекреационные и тренировоч- ные комплексы на местности	Пляжные зоны Подводные (мелководные) музеи
	Водоемы мелководные антропогенные	Мелководные водохранилища и мелководья водохранилищ Пруды Водоемы в карьерах и котлованах
	* Транспортные узлы	Рейды (стоянки кораблей у портов)
15. Природно-технические атмогидролитосферные	Плотины	Плотины гидроэлектростанций
	Причалы (причальные сооружения)	Причалы (причальные сооружения) морские
	Водоемы технологические	Водоемы-охладители Отстойники
	* Водотоки технологические	Каналы гидротехнические Водоводные траншеи
* Транспортные узлы	Порты	
18. Техно-природные атмосферные (воздушные)	Транспортные коридоры воздушные	Воздушные коридоры с интенсивным движением авиатранспорта

Рис. 3. Фрагмент классификации геокомплексов: классы II-го–IV-го рангов техно-природных, природно-технических и технических урочищ.

Примечание: Знаком “*” обозначены промежуточные классы (Осипов, 2020). Также фрагменты классификации антропогенных геокомплексов [см. (Осипов, Гуров, 2018, 2019, 2022)].

Ось 1 \ Ось 2		Естественные	Искусственные
		Естественные атмосферные (1, 2, 17, 18)	Искусственные атмосферные (3, 4, 19, 20)
Атмосферные sensu lato (аэральные)		Естественные гидросферные (5, 6, 21, 22, *9, *10, *13, *14)	Искусственные гидросферные (7, 8, 23, 24, *11, *12, *15, *16)
Гидросферные sensu lato (аквальные)		Естественные литосферные (25, 26)	Искусственные литосферные (27, 28)
Литосферные sensu lato (литальные)			

Рис. 4. Классификация геокомплексов: классы I-го ранга в пространстве двух осей-характеристик.
Примечание: Цифры означают номера классов II-го ранга на рис. 2.

подхода более подходящим термином может служить название “технические компоненты”, Ф.Н. Мильков назвал именно техническим соответствующий блок (подсистему) в ландшафтно-технических (1986) или ландшафтно-техногенных (1990) системах. Среди них на основе агрегатного состояния можно различать, по крайней мере, технические твердые, жидкие и газообразные.

Еще более проблематичным является отображение в классификации геокомплексов человека/населения/общества. В предлагаемой классификации эта подсистема в немалой степени отражена через материальные результаты жизнедеятельности: измененные природные и сотворенные технические компоненты. Степень и характер изменения природы и отдельных природных компонентов хорошо отражают характер природопользования, материальную и духовную культуру природопользователя. Технические компоненты являются важной частью материальной культуры и достаточно однозначно отображают культуру духовную. То есть в предлагаемой классификации человек/население/общество находят существенное, но косвенное отображение. Однако, несомненно, эта подсистема, как и другие, заслуживает не только косвенных, но и прямых критериев при классификации геокомплексов.

Большое число классов – 28 (см. рис. 2) – делает целесообразным выделение классов еще более высокого ранга (рис. 4). Классы более высокого ранга В.И. Лымарев (1988) назвал геоциклами и выделил три геоцикла: аквальный (собственно океанический), аквально-территориальный (побережий с шельфовыми мелководьями) и территориальный (наземный). Для выделения этих классов мы предлагаем те же две оси-характеристики – степень естественности–искусственности и основные черты организации геокомплексов в связи с расположением в геосферах. К естественным геокомплексам относятся природные и техноприродные, в их строении, функционировании и развитии ведущую роль играют природные компо-

ненты и процессы. К искусственным геокомплексам относятся технические и природно-технические, их строение, функционирование и развитие обуславливается преимущественно техническими компонентами и технологическими процессами. Гидросферные sensu lato включают гидросферные и гидролитосферные геокомплексы, а также атмосферо- и атмосфериолитосферные как переходные классы. Атмосферные sensu lato включают атмосфериолитосферные и атмосферные геокомплексы, а также атмосферо- и атмосфериолитосферные как переходные классы. Литосферные sensu lato включают литосферные геокомплексы и, возможно, некоторые другие как переходные классы.

Предлагаемая система классов I-го и II-го рангов (см. рис. 2 и 4) развивает подход В.И. Федотова (1985), который выделил техногенный наземный и техногенный земноводный отделы ландшафтов. В таком классификационном решении природные и техногенные составляющие ландшафта учитываются одновременно для одного и того же классификационного ранга, тем самым им придается равная таксономическая значимость (таксономический “вес”). Это уравнивает решения Ф.Н. Милькова (1986, 1990), который в каждом отделе (варианте) ландшафтной сферы выделил естественный и антропогенный ряды (порядки), и Ю.Г. Тютюника (2004, 2017), который выделил отдельный техногенный отдел (вариант) ландшафтной сферы.

Также следует вспомнить о современном использовании околоземного пространства, о планах его дальнейшего освоения и колонизации. В настоящее время часть околоземного пространства, насыщенная космическими аппаратами и техническим мусором, стала частью техносферы. Поэтому целесообразно наметить еще один класс I-го ранга – искусственные околоземные геокомплексы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные критерии охватывают существующее многообразие геокомплексов и учитывают их существенные свойства. Критерии 1 и 3, конкретизируя позиционный принцип, относятся как к уровню объекта классификации, так и к более высоким уровням, к его среде. Критерии 2 и 5 сфокусированы на самом объекте. Критерий 5 также соотносится с более низкими уровнями организации — со свойствами составляющих объект компонентов. Критерий 4 отражает динамический аспект объекта классификации. То есть рассмотренные критерии образуют вполне разноплановую (разноаспектную и разноуровневую) систему — многомерное классификационное пространство — структурно-функционального подхода.

Намеченные классы высших рангов имеют очень высокую степень обобщенности и абстрактности. Поэтому они подходят для структурно-функциональной классификации геокомплексов самых разных локальных и региональных уровней. Более того, они соответствуют классам высших рангов ряда других подходов к классификации. В целом, рассмотренные критерии дают возможность развивать единую классификацию природных и антропогенных, естественных и искусственных геокомплексов.

Приведенные критерии необходимы, но не достаточны: для выделения классов III-го и более низких рангов требуется конкретизация критериев 5 и 3, а также 4. Недостаточны, прежде всего, для классификации искусственных геокомплексов. Проблема в том, что, во-первых, эта область остается слабо охваченной теоретическим знанием, во-вторых, очень быстро развиваются технологии и техника, что приводит к появлению новых искусственных геокомплексов. Их изучение — это область не только и не столько географии, сколько других технических, общественных и естественных наук. Тем не менее, в вопросах систематики геокомплексов именно география должна быть ведущей.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-05-00086).

FUNDING

The research was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 18-05-00086).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). М.: Мысль, 1975. 287 с.

Берг Л.С. Фации, географические аспекты и географические зоны // Изв. Всесоюз. геогр. общ-ва. 1945. Т. 77. Вып. 3. С. 208–211.

Гвоздецкий Н.А. Карст. Вопросы общего и регионального карстования. М.: Географгиз, 1954. 352 с.

Гвоздецкий Н.А. Карстовые ландшафты. М.: Изд-во МГУ, 1988. 112 с.

Гергедава Б.А. Подземные ландшафты (на примере карстовых пещер Кавказа). Тбилиси: Мецниереба, 1983. 138 с.

Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. 230 с.

Гришанков Г.Е., Пащенко В.А., Позаченюк Е.А. Позиционность в ландшафтах и ландшафтоведении // Физическая география и геоморфология / отв. ред. Ю.А. Кошик. Киев: Лыбидь, 1991. С. 11–20.

Дьяконов К.Н. Становление концепции геотехнической системы // Вопросы географии. Сб. 108. М.: Мысль, 1978. С. 54–63.

Забелин И.М. Географическая среда, географические природные комплексы и система физико-географических наук // Изв. Всесоюз. геогр. общ-ва. 1952. Т. 84. Вып. 6. С. 602–615.

Забелин И.М. Теория физической географии. М.: Географгиз, 1959. 303 с.

Забелин И.М. Физическая география в современном естествознании. Вопросы истории и теории. М.: Наука, 1978. 336 с.

Забродин В.Ю., Кириллова Г.Л., Кулындышев В.А., Кулындышева Л.А., Соловьев В.А., Черкасов Р.Ф. Геологические тела (терминологический справочник). М.: Недра, 1986. 334 с.

Исаченко А.Г. Классификация ландшафтов СССР (применительно к целям обзорного ландшафтного картографирования) // Изв. Всесоюз. геогр. общ-ва. 1975. № 4. С. 302–315.

Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. 368 с.

Исаченко А.Г. Прикладное ландшафтоведение. Ленинград: Изд-во Ленинград. ун-та, 1976. Ч. I. 150 с.

Исаченко А.Г. Система ландшафтов и содержание ландшафтной карты Мира // Изв. Всесоюз. геогр. общ-ва. 1988. Т. 120. Вып. 6. С. 489–501.

Исаченко А.Г. Теория и методология географической науки. М.: Изд. центр “Академия”, 2004. 400 с.

Калуцков В.Н. Ландшафт в культурно-географических исследованиях // Изв. РАН. Сер. геогр. 2008. № 4. С. 11–19.

Калуцков В.Н. Ландшафт в культурной географии. М.: Новый хронограф, 2008. 318 с.

Кочуров Б.И., Шишкина Д.Ю., Антипова А.В., Костовская С.К. Геоэкологическое картографирование. М.: Изд. центр “Академия”, 2009. 192 с.

Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 172 с.

Крюков А.С. Типология ландшафтов городов // Вопросы географии городов / ред. А.С. Крюков. Волгоград: Волгоград. пед. ин-т, Волгогр. отд. Геогр. общ-ва СССР, 1967. С. 3–30.

- Лымарев В.И.* Основные проблемы физической географии океана. М.: Мысль, 1978. 248 с.
- Лымарев В.И.* Физическая география океана / отв. ред. А.П. Алхименко, С.Б. Слевич. География океана: Теория, практика, проблемы. Ленинград: Наука, 1988. С. 21–100.
- Макунина Г.С.* Карта современных ландшафтов Сибири и Дальнего Востока // География и природные ресурсы. 2005. № 4. С. 18–24.
- Мамай И.И.* Динамика и функционирование ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 139 с.
- Милюков Ф.Н.* Антропогенное ландшафтоведение, предмет изучения и современное состояние // Вопросы географии. Сб. 106. М.: Мысль, 1977. С. 11–27.
- Милюков Ф.Н.* Общее землеведение. М.: Высшая школа, 1990. 334 с.
- Милюков Ф.Н.* Физическая география. Учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1986. 328 с.
- Милюков Ф.Н.* Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981. 400 с.
- Милюков Ф.Н.* Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. 224 с.
- Николаев В.А.* Учение об антропогенных ландшафтах – научно-методическое ядро геоэкологии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2005. № 2. С. 35–44.
- Николаев В.А., Авессаломова И.А., Чижова В.П.* Природно-антропогенные ландшафты: городские, рекреационные, садово-парковые. М.: Геогр. факультет МГУ, 2011. 112 с.
- Николаев В.А., Казаков Л.К., Украинцева Н.Г.* Природно-антропогенные ландшафты: промышленные и транспортные геотехнические системы; геоэкологические основы ландшафтного строительства. М.: Геогр. факультет МГУ, 2013. 88 с.
- Николаев В.А., Копыл И.В., Сысуев В.В.* Природно-антропогенные ландшафты (сельскохозяйственные и лесохозяйственные). М.: Геогр. факультет МГУ, 2008. 160 с.
- Осипов С.В.* Методы районирования и типы районов: некоторые основания для их систематизации // География и природные ресурсы. 2005. № 4. С. 129–132.
- Осипов С.В.* Переходные объекты в иерархических классификациях, районированиях и периодизациях в географии и экологии // География и природные ресурсы. 2020. № 2. С. 153–160.
- Осипов С.В., Гуров А.А.* Геоэкологические оценка и мониторинг территории: технология на основе ландшафтного картографирования антропогенных геокомплексов // Вестн. Санкт-Петербург. ун-та. Науки о Земле. 2022. № 4.
- Осипов С.В., Гуров А.А.* Детальное картографирование техногенных ландшафтов // География и природные ресурсы. 2016. № 1. С. 156–163.
- Осипов С.В., Гуров А.А.* Классификация географических фаций горнопромышленных территорий (на основе исследований в Дальневосточном регионе) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2018. № 5. С. 91–103.
- Осипов С.В., Гуров А.А.* Ландшафтное картографирование антропогенных урочищ для оценки состояния и мониторинга территории (на примере Сихотэ-Алинского биосферного района) // География и природные ресурсы. 2019. № 3. С. 41–48.
- Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 394 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей, 1999. 764 с.
- Позаченюк Е.А., Шумский В.М., Лесов А.М., Олиферов А.Н., Тимченко З.Н., Драган Н.А., Тамайчук А.Н., Михайлов В.А., Скребец Г.Н., Ергина Е.И., Вахрушева Л.П., Сахнова Н.С., Байков А.М., Агаркова-Лях И.В., Яковенко И.М., Пикуленко О.В., Яковлев А.Н., Амеличев Г.Н., Мирошниченко И.А., Панкеева Т.В., Лисовский А.А., Пасынкова Л.А., Пенно М.В., Меметова Р.Ш., Власова А.Н., Андреева О.А.* Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
- Природа, техника, геотехнические системы / отв. ред. В.С. Преображенский.* М.: Наука, 1978. 152 с.
- Ревзон А.Л.* Картографирование состояний геотехнических систем. М.: Недра, 1992. 223 с.
- Рихтер Г.Д.* Основы типологической классификации ландшафтов и районирования // Проблемы физико-географического районирования полярных стран / ред. Л.С. Говоруха, Ю.А. Кручина. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. С. 5–17.
- Рихтер Г.Д.* Система природно-территориальных комплексов Земли // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1969. № 5. С. 17–20.
- Родман Б.Б.* Позиционный принцип и давление места // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1979. № 4. С. 14–20.
- Солнцев В.Н.* Системная организация ландшафтов (Проблемы методологии и теории). М.: Мысль, 1981. 239 с.
- Солнцев Н.А.* К теории природных комплексов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. геогр. 1968. № 3. 35–44.
- Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 318 с.
- Тихунов В.С.* Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). М.–Смоленск: Изд-во Смоленск. гуманитар. ун-та, 1997. 363 с.
- Тютюнник Ю.Г.* Идентификация, структура и классификация ландшафтов урбанизированных территорий // География и природные ресурсы. 1991. № 3. С. 22–28.
- Тютюнник Ю.Г.* К методологии антропогенного ландшафтоведения // География и природные ресурсы. 1989. № 4. С. 130–135.
- Тютюнник Ю.Г.* Концепция городского ландшафта // География и природные ресурсы. 1990. № 2. С. 167–172.
- Тютюнник Ю.Г.* Кризис оснований и феноменология ландшафтоведения // География и природные ресурсы. 1994. № 2. С. 18.
- Тютюнник Ю.Г.* О сущности урбанизированного ландшафта // География и природные ресурсы. 1995. № 4. С. 149–156.

- Тютюнник Ю.Г. Расширение объектной базы ландшафтоведения и его последствия // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С. 22–28.
- Тютюнник Ю.Г. Урболодшафтоведение: история, современное состояние, перспективы // География и природные ресурсы. 1993. № 2. С. 5–10.
- Тютюнник Ю.Г. Что такое промышленный ландшафт? // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2017. № 2. С. 40–48.
- Федотов В.И. Антропогенез — объективная реальность в географической оболочке Земли // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География. Геоэкология. 2014. № 3. С. 5–8.
- Федотов В.И. Техногенные ландшафты: теория, региональные структуры, практика. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1985. 192 с.
- Шукин И.С. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии (русско-англо-немецко-французский). М.: Сов. энциклопедия, 1980. 704 с.
- Development and perspectives of landscape ecology / O. Bastian, U. Steinhardt (Eds.). Dordrecht: Springer, 2002. 499 p.
- Developments in strategic landscape monitoring for the Nordic countries / G. Groom (Ed.). Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2004. 168 p.
- Gregorio A. di., Jansen L.J.M. Land Cover Classification System (LCCS): Classification concepts and user manual. Rome: FAO of the United Nations, 1998. 79 p.
- Ma L., Deng J., Yang H., Hong Y., Wang K. Urban landscape classification using Chinese advanced high-resolution satellite imagery and an object-oriented multi-variable model // Frontiers of Inform. Technology & Electronic Engineering. 2015. Vol. 16. № 3. P. 238–248.
- Mücher C.A., Klijn J.A., Wascher D.M., Schaminée J.H.J. A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes // Ecol. Indicators. 2010. Vol. 10. № 1. P. 87–103.
- Remote sensing of land use and land cover. Principles and applications / C.P. Giri (Ed.). Boca Raton, London, N.Y.: Taylor & Francis Group, 2012. 446 p.
- Zanden E.H. van der, Levers C., Verburg P.H., Kuemmerle T. Representing composition, spatial structure and management intensity of European agricultural landscapes: A new typology // Landscape and Urban Planning. 2016. Vol. 150. P. 36–49.

About the Unified Classification of Natural and Anthropogenic Landscape Complexes

S. V. Osipov*

Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

**e-mail: sv-osipov@yandex.ru*

The article presents the author's view on classification criteria and approaches to the unified classification of landscape complexes (geocomplexes): undisturbed natural, partially modified, completely transformed. Five criteria are substantiated: (1) features of the organization in connection with the location in geospheres; (2) the degree of transformation or natural–artificiality; (3) geographical position; (4) the period of development (dynamic state); (5) main features of the composition, structure and functioning of geocomplexes and their components. These criteria cover the existing diversity, take into account their essential properties and create the basis for a unified classification of the entire diversity of virgin and anthropogenic, natural and artificial geocomplexes. They form a completely diverse (multi-aspect and multi-level) system—a multidimensional classification space of the structural-functional approach for the classification of geocomplexes at local and regional levels. 6 classes of the 1st rank were revealed: natural atmospheric, artificial atmospheric, natural hydrospheric, artificial hydrospheric, natural lithospheric, artificial lithospheric. 28 classes of the 2nd rank are justified. A fragment of the classification of techno-natural, natural-technical and technical meso-landscapes (classes 3rd and 4th rank) is given. It is noted that the criteria considered are necessary, but not sufficient, for example, for the classification of artificial geocomplexes, the study and classification of which is an area of interaction with other technical, social and natural sciences with the leading role of geography.

Keywords: geocomplex, geosystem, landscape, meso-landscape, diversity, structure, functioning, dynamics, industrial, technogenic, natural-technical

REFERENCES

- Armand D.L. *Nauka o landshafte (osnovy teorii i logiko-matematicheskie metody)* [Landscape Science (Fundamentals of Theory and Logical-Mathematical Methods)]. Moscow: Mysl' Publ., 1975. 287 p.
- Berg L.S. Facies, geographical aspects and geographical zones. *Izv. Vsesoyuzn. Geogr. Obshch.*, 1945, no. 3, pp. 162–164. (In Russ.).
- Development and prospects of landscape ecology.* Bastian O., Steinhardt U., Eds. Dordrecht: Springer, 2002. 499 p.
- Developments in strategic landscape monitoring for the Nordic countries.* Groom G., Ed. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2004. 168 p.
- D'yakonov K.N. The development of the geotechnical system concept. In *Vopr. Geogr.* [Problems of Geography]. Moscow: Mysl' Publ., 1978, vol. 108, pp. 54–63. (In Russ.).

- Fedotov V.I. Geogenesis of antropogenic changes – an objective reality in the geographical envelope of the Earth. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ. Ser. Geogr. Geoekol.*, 2014, no. 3, pp. 5–8. (In Russ.).
- Fedotov V.I. *Tekhnogennye landshafty: teoriya, regional'nye struktury, praktika* [Technogenic Landscapes: Theory, Regional Structures, Practice]. Voronezh: Voronezh Univ. Press, 1985. 192 p.
- Gergedava B.A. *Podzemnye landshafty (Na primere karstovykh peshcher Kavkaza)* [Underground Landscapes (the Case of Karst Caves of the Caucasus)]. Tbilisi: Metsniereba Publ., 1983. 138 p.
- Glazovskaya M.A. *Geokhimicheskie osnovy tipologii i metodiki issledovaniy prirodnykh landshaftov* [Geochemical Fundamentals of Typology and Methodology of Research of Natural Landscapes]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1964. 230 p.
- Gregorio A. di and Jansen L.J.M. *Land Cover Classification System (LCCS): Classification concepts and user manual*. Rome: FAO of the United Nations, 1998. 79 p.
- Grishankov G.E., Pashhenko V.A., Pozachenjuk E.A. Positionality in landscapes and landscape science. In *Fizicheskaya geografiya i geomorfologiya* [Physical Geography and Geomorphology]. Koshik Yu.A., Ed. Kiev: Lybid Publ., 1991, pp. 11–20. (In Russ.).
- Gvozdeckii N.A. *Karst. Voprosy obshchego i regional'nogo karstovedeniya* [Karst. Questions of General and Regional Karst Studies]. Moscow: Geografiz, 1954. 352 p.
- Gvozdeckii N.A. *Karstovye landshafty* [Karst Landscapes]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1988. 112 p.
- Isachenko A.G. Classification of landscapes of the USSR (in relation to the purposes of survey landscape mapping). *Izv. Vsesoyuzn. Geogr. Obshch.* 1975, no. 4, pp. 302–315. (In Russ.).
- Isachenko A.G. Landscape system and contents of the World landscape map. *Izv. Vsesoyuzn. Geogr. Obshch.* 1988, no. 6, pp. 489–501. (In Russ.).
- Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie* [Landscape Science and Physical-Geographical Regionalization]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1991. 368 p.
- Isachenko A.G. *Prikladnoe landshaftovedenie. Ch. I* [Applied Landscape Science. Part I]. Leningrad: Leningrad Univ. Press, 1976. 150 p.
- Isachenko A.G. *Teoriya i metodologiya geograficheskoi nauki* [Theory and Methodology of Geographical Science]. Moscow: Akademiya Publ., 2004. 400 p.
- Kalutskov V.N. Landscape in cultural and geography studies. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2008, no. 4, pp. 11–19. (In Russ.).
- Kalutskov V.N. *Landshaft v kul'turnoi geografii* [Landscape in Cultural Geography]. Moscow: Novyi Chronograph Publ., 2008. 318 p.
- Kochurov B.I., Shishkina D.Yu., Antipova A.V., Kostovska S.K. *Geoekologicheskoe kartografirovaniye* [Geoecological Mapping]. Moscow: Akademiya Publ., 2009. 192 p.
- Krauklis A.A. *Problemy eksperimental'nogo landshaftovedeniya* [Problems of Experimental Landscape Science]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1979. 172 p.
- Kryukov A.S. Typology of landscapes of cities. In *Voprosy geografii gorodov* [Questions of Geography of Cities]. Kryukov A.S., Ed. Volgograd, 1967, pp. 3–30. (In Russ.).
- Lymarev V.I. *Osnovnye problemy fizicheskoi geografii okeana* [Basic Problems of Physical Geography of the Ocean]. Moscow: Mysl' Publ., 1978. 248 p.
- Lymarev V.I. Physical geography of the ocean. In *Geografiya okeana: Teoriya, praktika, problemy* [Geography of the Ocean: Theory, Practice, Problems]. Leningrad: Nauka Publ., 1988, pp. 21–100. (In Russ.).
- Ma L., Deng J., Yang H., Hong Y., and Wang K. Urban landscape classification using Chinese advanced high-resolution satellite imagery and an object-oriented multi-variable model. *Front. Inf. Technol. Electr. Eng.*, 2015, vol. 16, no. 3, pp. 238–248.
- Makunina G.S. Map of the present-day landscapes of Siberia and the Far East. *Geogr. Prirod. Res.*, 2005, no. 4, pp. 18–24. (In Russ.).
- Mamaj I.I. *Dinamika i funkcionirovanie landshaftov* [Dynamics and Functioning of Landscapes]. Moscow: Mosk. Gos. Univ., 2005. 139 p.
- Mil'kov F.N. Anthropogenic landscape science: its object of study and contemporary state. In *Vopr. Geogr.* [Problems of Geography]. Moscow: Mysl' Publ., 1977, vol. 106, pp. 11–27. (In Russ.).
- Mil'kov F.N. *Chelovek i landshafty. Ocherki antropogennogo landshaftovedeniya* [Man and Landscapes. Essays on Anthropogenic Landscape Science]. Moscow: Mysl' Publ., 1973. 224 p.
- Mil'kov F.N. *Fizicheskaya geografiya. Uchenie o landshafte i geograficheskaya zonal'nost'* [Physical Geography: Study of Landscape and Geographical Zonality]. Voronezh: Voronezh Univ. Press, 1986. 328 p.
- Mil'kov F.N. *Fizicheskaya geografiya: sovremennoe sostoyanie, zakonomernosti, problemy* [Physical Geography: Its Present State, Regularities, Problems]. Voronezh: Voronezh Univ. Press, 1981. 400 p.
- Mil'kov F.N. *Obshchee zemlevedenie* [General Earth Science]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1990. 334 p.
- Mücher C.A., Klijn J.A., Wascher D.M., and Schaminée J.H.J. A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. *Ecol. Indic.*, 2010, vol. 10, no. 1, pp. 87–103.
- Nikolaev V.A. Doctrine of anthropogenic landscapes as a scientific and methodological core of geocology. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 5. Geogr.* 2005, no. 2, pp. 35–44. (In Russ.).
- Nikolaev V.A., Avessalomova I.A., Chizhova V.P. *Prirodno-antropogennye landshafty: gorodskie, rekreatsionnye, sadovo-parkovye* [Natural-Anthropogenic Landscapes: Urban, Recreational, Garden-Park]. Moscow: Fakul'tet Geogr. Mosk. Gos. Univ., 2011. 112 p.

- Nikolaev V.A., Kazakov L.K., Ukrainceva N.G. *Prirodno-antropogennye landshafty: promyshlennye i transportnye geotekhnicheskie sistemy, geoekologicheskie osnovy landshaftnogo stroitel'stva* [Natural-Anthropogenic Landscapes: Industrial and Transport Geotechnical Systems, Geoecological Foundations of Landscape Construction]. Moscow: Fakul'tet Geogr. Mosk. Gos. Univ., 2013. 88 p.
- Nikolaev V.A., Kopyl I.V., Sysuev V.V. *Prirodno-antropogennye landshafty (sel'skokhozyaistvennyye i lesokhozyaistvennyye)* [Natural-Anthropogenic Landscapes (Agricultural and Forestry)]. Moscow: Fakul'tet Geogr. Mosk. Gos. Univ., 2008. 160 p.
- Osipov S.V. Regionalization methods and types of districts: some grounds for their classification. *Geogr. Prirod. Resur.*, 2005, no. 4, pp. 129–132. (In Russ.).
- Osipov S.V. Transitional objects in hierarchical classifications, regionalizations and periodizations in geography and ecology. *Geogr. Prirod. Resur.*, 2020, vol. 41, no. 2, pp. 195–202.
- Osipov S.V., Gurov A.A. Classification of geographical facies in mining areas: a case study of the Far Eastern region. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2018, no. 5, pp. 91–103. (In Russ.).
- Osipov S.V., Gurov A.A. Detailed mapping of technogenic landscapes. *Geogr. Prirod. Resur.*, 2016, no. 1, pp. 156–163. (In Russ.).
- Osipov S.V., Gurov A.A. Geoecological assessment and monitoring of the territory: the technology based on landscape mapping of anthropogenic geocomplexes. *Vestn. S.-Peterb. Univ., Nauki o Zemle*, 2022, vol. 67, no. 4. (In Russ.).
- Osipov S.V., Gurov A.A. Landscape mapping of anthropogenic meso-landscapes for assessment and monitoring of the territory (exemplified by the Sikhote-Alin biosphere region). *Geogr. Prirod. Resur.*, 2019, no. 3, pp. 41–48. (In Russ.).
- Perel'man A.I., Kasimov N.S. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of Landscape]. Moscow: Astraea Publ., 1999. 764 p.
- Perel'man A.I. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of a Landscape]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1975. 394 p.
- Pozachenyuk E.A., Shumsky V.M., Lesov A.M., Oliferov A.N., Timchenko Z.N., Dragan N.A., Tamaychuk A.N., Mikhailov V.A., Skrebets G.N., Yergina E.I., Vakhrusheva L.P., Sakhnova N.S., Baykov A.M., Agarkova-Lyakh I.V., Yakovenko I.M., Pikulenko O.V., Yakovlev A.N., Amelichev G.N., Miroshnichenko I.A., Pankeeva T.V., Lisovsky A.A., Pasinkova L.A., Penno M.V., Memetova R.S., Vlasova A.N., and Andreeva O.A. *Sovremennyye landshafty Kryma i sopredel'nykh akvatorii* [Modern Landscapes of the Crimea and Adjacent Water Areas]. Simferopol: Business-Inform Publ., 2009. 672 p.
- Priroda, tekhnika, geotekhnicheskie sistemy* [Nature, Technics, Geotechnical Systems], Preobrazhenskii V.S., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1978. 152 p.
- Remote sensing of land use and land cover. Principles and applications.* Giri C.P., Ed. Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group, 2012. 446 p.
- Revzon A.L. *Kartografirovaniye sostoyanii geotekhnicheskikh sistem* [Mapping the States of Geotechnical Systems]. Moscow: Nedra Publ., 1992. 223 p.
- Rihter G.D. Fundamentals of typological classification of landscapes and regionalization. In *Problemy fiziko-geograficheskogo raionirovaniya polyarnykh stran* [Problems of Physical-Geographical Regionalization of Polar Areas]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1971, pp. 5–17. (In Russ.).
- Rihter G.D. System of natural-territorial complexes of the Earth. *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geogr.*, 1969, no. 5, pp. 17–20. (In Russ.).
- Rodoman B.B. Positional principle and pressure of a place. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. Geogr.*, 1979, no. 4, pp. 14–20. (In Russ.).
- Shchukin I.S. (comp.). *Chetyrekhyazychnyi entsiklopedicheskii slovar' terminov po fizicheskoi geografii (russko-anglo-nemetsko-frantsuzskii)* [The Four-Language Encyclopedic Dictionary of Terms on Physical Geography (Russian-English-German-French)]. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1980. 704 p.
- Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [Introduction into Geosystem Science]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1978. 318 p.
- Solncev N.A. On the theory of natural complexes. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. Geogr.*, 1968, no. 3, pp. 35–44. (In Russ.).
- Solntsev V.N. *Sistemnaya organizatsiya landshaftov* (Problemy metodologii i teorii) [Systemic Organization of Landscapes (Problems of Methodology and Theory)]. Moscow: Mysl' Publ., 1981. 239 p.
- Tikunov V.S. *Klassifikatsii v geografii: renessans ili uvyadanie? (Opyt formal'nykh klassifikatsii)* [Classifications in Geography: Renaissance or Withering? (Experience of Formal Classifications)]. Moscow; Smolensk: Smolensk humanitarian Univ. Press, 1997. 363 p.
- Tyutyunnik Yu.G. On the methodology of anthropogenic landscape studies. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1989, no. 4, pp. 130–135. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. The concept of the urban landscape. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1990, no. 2, pp. 167–172. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. Identification, structure and classification of landscapes on the urbanized territories. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1991, no. 3, pp. 22–28. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. Urban landscape studies: history, current state, prospects. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1993, no. 2, pp. 5–10. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. The crisis of foundations and the phenomenology of landscape studies. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1994, no. 2, pp. 18–25. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. On the essence of the urbanized landscape. *Geogr. Prirod. Resur.*, 1995, no. 4, pp. 149–156. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. Widening of landscape object base and its consequences. *Geogr. Prirod. Resur.*, 2004, no. 3, pp. 22–28. (In Russ.).
- Tyutyunnik Yu.G. What is the industrial landscape? *Vestn. Voronezh. Gos. Univ. Ser. Geogr. Geoekol.*, 2017, no. 2, pp. 40–48. (In Russ.).

- Zabelin I.M. *Fizicheskaya geografiya v sovremennom estestvoznanii. Voprosy istorii i teorii* [Physical Geography in Modern Natural Science. Questions of History and Theory]. Moscow: Nauka Publ., 1978. 336 p.
- Zabelin I.M. Geographical environment, geographical natural complexes and the system of physical and geographical sciences. *Izv. Vsesoyuzn. Geogr. Obshch.*, 1952, no. 6, pp. 602–615. (In Russ.).
- Zabelin I.M. *Teoriya fizicheskoi geografii* [Theory of Physical Geography]. Moscow: Geografiz Publ., 1959. 303 p.
- Zabrodin V.Yu., Kirillova G.L., Kulyndyshev V.A., Kulyndysheva L.A., Soloviev V.A., Cherkasov R.F. (comp.). *Geologicheskie tela (terminologicheskii spravochnik)* [Geological Bodies (Terminology Reference-Book)]. Moscow: Nedra Publ., 1986. 334 p.
- Zanden E.H. van der, Levers C., Verburg P.H., Kuemmerle T. Representing composition, spatial structure and management intensity of European agricultural landscapes: A new typology. *Landsc. Urban Plan.*, 2016, vol. 150, pp. 36–49.