
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 551.435.47/48+910.26+911.52

**КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
МАЛЫХ ВОДОСБОРНЫХ БАСЕЙНОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ОБЪЕКТОВ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ)**

© 2026 г. В. П. Бондарев^{1, 2, *}, В. В. Сурков^{1, **}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

*e-mail: valery_bondarev@mail.ru

**e-mail: vita.surkov@yandex.ru

Поступила в редакцию 23.02.2024 г.

После доработки 29.08.2025 г.

Принята к публикации 10.03.2026 г.

Дается краткий обзор современных подходов к изучению водосборных бассейнов, которые могут стать основой для комплексной геоэкологической оценки территории. Представлен алгоритм такой оценки, включающий в себя пять основных шагов. Предлагаемый подход может позволить создать надежный каркас для дальнейшего расширенного или узкоспециализированного анализа территории и разработки рекомендаций по оптимизации земле- и водопользования в пределах малых водосборных бассейнов. Для иллюстрации алгоритма исследования взяты два малых водосборных бассейна в Курской области, сопоставимые по площади (около 3.2 км²), но с разной морфологической структурой. Показано, что разница в этой структуре предопределяет различный характер дифференциации всех остальных компонентов рассматриваемых систем. Оценка перераспределения наносов с помощью радиоцезиевого метода позволила оценить слои аккумуляции в разных частях бассейнов и ее темп (0.09–0.49 см/год), а также структуру этого перераспределения. С учетом динамики расходов воды она показывает различия в характере эрозионно-аккумулятивных процессов в рассматриваемых водосборах. Построение ландшафтной картосхемы дало возможность оценить нарушенность ландшафтов. Бассейн, прилегающий к городской черте, имеет высокую долю средне-нарушенных ландшафтов, а более отдаленный — слабонарушенных. Хозяйственная деятельность на окружающей территории влияет на эрозионно-аккумулятивные процессы и нарушенность ландшафтной структуры бассейнов по-разному. Наибольшее экологическое напряжение создают автомобильная дорога, пролегающая по водоразделу между бассейнами, и площадка захоронения твердых бытовых отходов в верховьях одного из них.

Ключевые слова: бассейновый подход, интегральные и интегративные показатели, морфометрический анализ, гидрометеорологический анализ, радиоцезиевый анализ, техногенная нарушенность ландшафта, социально-экологическая оценка

DOI: 10.7868/S2658697526030071

ВВЕДЕНИЕ

Геоэкологическая оценка территории как специфический научный подход начала активно развиваться в нашей стране в последние десятилетия XX в. и продолжает наращивать свой теоретический и практический потенциал в XXI в. (Андрухович, 2014; Грин и др., 1995; Заиканов, Минакова, 2008). Геоэкологическая оценка может быть определена как установление степени

пригодности природно-ландшафтных условий для проживания человека или проведения какого-либо вида хозяйственной деятельности, которая основывается на приемах обобщения и способах построения теоретических схем и моделей объектов познания — сложных природно-хозяйственных систем (Кочуров, 2003). Заметим, что построение теоретических схем и моделей в науке становится признаком современной системной методологии, а моделирование траек-

туется широко, как исследование систем путем построения и изучения их моделей — вещественных или мысленно представляемых аналогов оригинала, таких как картографическое отображение, схематические блок-диаграммы; и даже само текстуальное описание видится как дескриптивная модель (Бондарев, 2011).

Для различных задач разрабатываются разные подходы к геоэкологической оценке территории. Разнообразие природных и антропогенных условий территорий предполагает разницу в алгоритмах геоэкологической оценки. Складывается довольно большое количество подходов, которые сконцентрированы на изучении урбанизированных и рекреационных территорий, мест добычи полезных ископаемых и т.д. (Гершанок, 2012; Дебелая, Кочережко, 2009; Заиканов, Минакова, 2008; Копылов и др., 2019). Для исследования территории может использоваться как покомпонентная, так и комплексная геоэкологическая оценка. Последняя включает в себя анализ не только самих элементов системы, но и ее общей структуры и динамики, что позволяет принимать более обоснованные и многосторонние управленческие решения.

Отдельной проблемой является определение способа выделения границ анализируемых территорий и их структурных элементов. Практика показала, что для многих целей водо- и землепользования целесообразно использовать бассейновый подход, так как водосборный бассейн становится структурным каркасом, в рамках которого применяются единые методологические подходы к решению различных проблем взаимодействия общества с окружающей средой (Бондарев, 2019).

Водосборный бассейн является важной единицей деления территории суши, а также особой формой организации географической оболочки, характерной чертой которой являются не только сбор на своей площади осадков и формирование речного стока, но и направленные потоки вещества, энергии и информации, создающие и трансформирующие его ландшафтную структуру (Маккавеев, 1955; Мильков, Михно, 1987; Симонов, Симонова, 2004; Chorley et al., 2019). Водосборный бассейн имеет выраженную границу и внутреннюю структуру водотоков и склонов, что делает его единицей не только гидрологического, геоморфологического, ландшафтного, но и хозяйственного рассмотрения.

Рассматриваются разные характеристики водосборных бассейнов: морфометрические, геологические, почвенные, ландшафтные и хозяйственные. Базовыми из них являются геоморфологические, определяющие линейные, площадные размеры бассейна и его элементов,

уклон тальвега и поверхности, гипсометрическое положение морфологических частей бассейна и др. При этом геоморфологическая структура бассейна формируется под влиянием большого количества факторов (Chorley et al., 2019; Knighton, 2014; Strahler, 1957). С точки зрения каркаса бассейнов особое значение имеет рассмотрение русла и русловых процессов, так как направление вертикальных деформаций русла прямо зависит от соотношения транспортирующей способности потока и поступления материала в дно долины (Чалов, 2008). В ландшафтном плане бассейны представляют собой парагенетические комплексы, связанные общим происхождением и направленными потоками вещества и энергии (Абалаков, Лопаткин, 2014; Мильков, 1973; Михно, Кандыбко, 2006; Солнцев, 1963). Все чаще они рассматриваются как полузакнутые экосистемы со своей характерной морфологической и ландшафтной структурой, динамикой и специфическими связями с внешней средой (Shit et al., 2022).

Водосборные бассейны являются удобными единицами управления, поскольку они представляют собой естественные природные комплексы, связанные материальными и энергетическими потоками, где деятельность человека может быть проанализирована, а природные и техногенные процессы — оптимизированы доступными средствами. Следовательно, комплексное геоэкологическое изучение бассейнов может оказаться удачным решением для многих видов антропогенной деятельности в пределах водосборного бассейна (Корытный, 2017; Downs et al., 1991; Dunne and Leopold, 1978; Newson, 1998). В научной литературе описаны удачные примеры комплексного изучения водосборных бассейнов для различных целей (Эрозионно-русловые ..., 2017; Deng and Gibson, 2019; Ramkumar et al., 2015; Squires et al., 2014).

Малые водосборные бассейны (балки, овраги, ручьи и малые реки 1–6-го порядков) занимают особое место в ряду бассейновых объектов. Они во многом отражают зональные факторы гидрологических и геоморфологических процессов и активно используются в местном хозяйстве. Малые водосборы наиболее многочисленны, встречаются в большинстве регионов, а, следовательно, имеют важное значение для целей водо- и землепользования. Они могут быть предметом анализа во многих геоэкологических задачах управления на местном и региональном уровнях.

Различные аспекты структуры и динамики малых водосборных бассейнов в последние два десятилетия попадали в круг внимания исследователей неоднократно (Бондарев и др., 2005;

Пространственно-временные ..., 2019; Спесивый, Лисецкий, 2014; Bondarev, 2019; Griffiths et al., 2006; Kidron and Zohar, 2010; Minella et al., 2004; Oruonyel, 2016; Ponczynski and Abrahams, 2013; Verstraeten and Poesen, 2000). В этих работах рассматриваются морфометрические, гидрологические, ландшафтные, природоохранные и многие другие аспекты малых бассейнов. Однако не существует общепринятого алгоритма их исследования, который бы давал возможность использовать полученные данные в целях устойчивого управления территориями, расположенными в пределах этих бассейнов. В этой статье приводится один из способов комплексного геоэкологического анализа. Для разных задач можно делать акцент на тех или иных элементах алгоритма, добавляя, расширяя или пропуская некоторые из них. Очевидно, что трудно привести пример полной интегрированной оценки в небольшой статье, но можно выделить ее основные блоки и охарактеризовать их особенности.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В наиболее общем виде комплексный геоэкологический анализ малых водосборных бассейнов для целей управления может быть представлен в виде нескольких крупных блоков (рис. 1).

В первом блоке (являющимся основой для всех дальнейших исследований) проводится геолого-геоморфологическое исследование, включающее морфометрический анализ водосборных бассейнов с выявлением параметров, характеризующих условия, в которых временные и постоянные водотоки производят эрозионно-аккумулятивную деятельность, таким образом, описывается “сопротивление среды” работе водотока.

Затем проводится гидрометеорологический анализ, включающий в себя исследование климата, расчет или/и измерение гидрологических характеристик водосборного бассейна, как общих (параметры водного баланса, заозеренность, заболоченность, наличие ледников, гидрологические: слой стока, модуль стока, коэффициент стока), так и описывающих основной водоток (параметры типа питания, величина стока, фазы водного режима, внутригодовая и многолетняя динамика расходов и уровней воды, скорости потока, его мощность, ледовый режим, тепловой сток и др.). В этом блоке водоток характеризуется как активная сила, преобразующая бассейн и перерабатывающая литогенную основу ландшафтов.

Важным блоком является изучение наносов и загрязняющих веществ, формирующихся



Рис. 1. Общий алгоритм комплексной геоэкологической оценки малого водосборного бассейна для целей управления.

и перераспределяющихся водотоком в малом водосборном бассейне. Это дает возможность не только выявить пути перемещения вещества и энергии в исследуемом регионе и определить существующие и потенциальные места концентрации загрязняющих веществ, зоны активизации эрозии почв, развития опасных геологических процессов, но и оценить направление вертикальных деформаций русла. Сток наносов влияет на рельеф дна долины, на морфологию и динамику русла и поймы, а через русловые процессы — на тип донного ландшафта и особенности его хозяйственного использования.

Далее следует блок оценки ландшафтной структуры бассейнов и выявление степени ее антропогенной трансформации. Заключительный блок содержит анализ хозяйственной деятельности и проблем управления, что, на основе всех предыдущих исследований, позволяет получить картину природных и антропогенных процессов в бассейне и дать рекомендации по использованию его ресурсов, а также по ограничению хозяйственной деятельности и территориальной оптимизации. Предполагается, что, если в ре-

зультате прохождения алгоритма комплексного исследования результат не получен или сомнителен, следует вернуться к тому блоку, который не позволил получить необходимые результаты, и провести дополнительные исследования.

Отдельно следует оговорить форму представления тех или иных показателей, характеризующих состояние территории в пределах малого водосборного бассейна. В геоэкологии сложилась традиция использования интегральных показателей (Горшкова, Урбанова, 2016; Дмитриев, 2009; Коробов и др., 2021; Прокопьев, Витухин, 2019). Ряд авторов предлагают различать *интегральные* и *интегративные* показатели, где первые относятся к оценке объекта в целом, а вторые суммируют однородные и однотипные характеристики в один показатель, либо выбирается параметр, который наилучшим образом характеризует изучаемый процесс (Коробов и др., 2021). В нашем случае были последовательно использованы как интегративные покомпонентные (морфометрические, гидрологические и др.), так и интегральные показатели ландшафта (анализ общей нарушенности территорий), что позволяет назвать проведенный анализ *комплексным*.

Этапы комплексного геоэкологического анализа проиллюстрированы на примере двух малых водосборных бассейнов — Лавочная

и Малая Дублянка, расположенных в бассейне р. Сейм близ Рыльска (Курская обл.) и прилегающих друг к другу по линии водораздела (рис. 2). В физико-географическом отношении (Атлас ..., 2000; Галицкая и др., 1970; Кабанова и др., 1997) территория входит в правобережный Сеймско-Рыльский ландшафт и занимает южную часть Дмитриевско-Рыльской гряды, с пологими короткими склонами, расчлененными речной и овражно-балочной эрозией. Ограниченный по периметру речными долинами, врезанными относительно поверхности увала на 40–90 м, хребет соответствует Рыльско-Крупецкому поднятию — тектонической структуре пятого порядка, прослеживаемой в отложениях мела и палеогена. Меловые породы — писчий мел, мергели и опоки — выходят в днищах балок и оврагов правого коренного берега реки, в том числе и в исследуемых балках. Палеогеновые отложения (в основном пески, иногда песчаники) иногда вскрываются в нижних частях склонов. Распространение четвертичной морены и покровных суглинков, которые служат почвообразующими породами, ограничено междуречьями и склонами балок; их мощность 5–15 м. Преобладающие почвы водоразделов — серые лесные, на присельевых склонах встречаются типичные черноземы. Развитая эрозионная сеть предполагает хороший дренаж территории, отсутствие

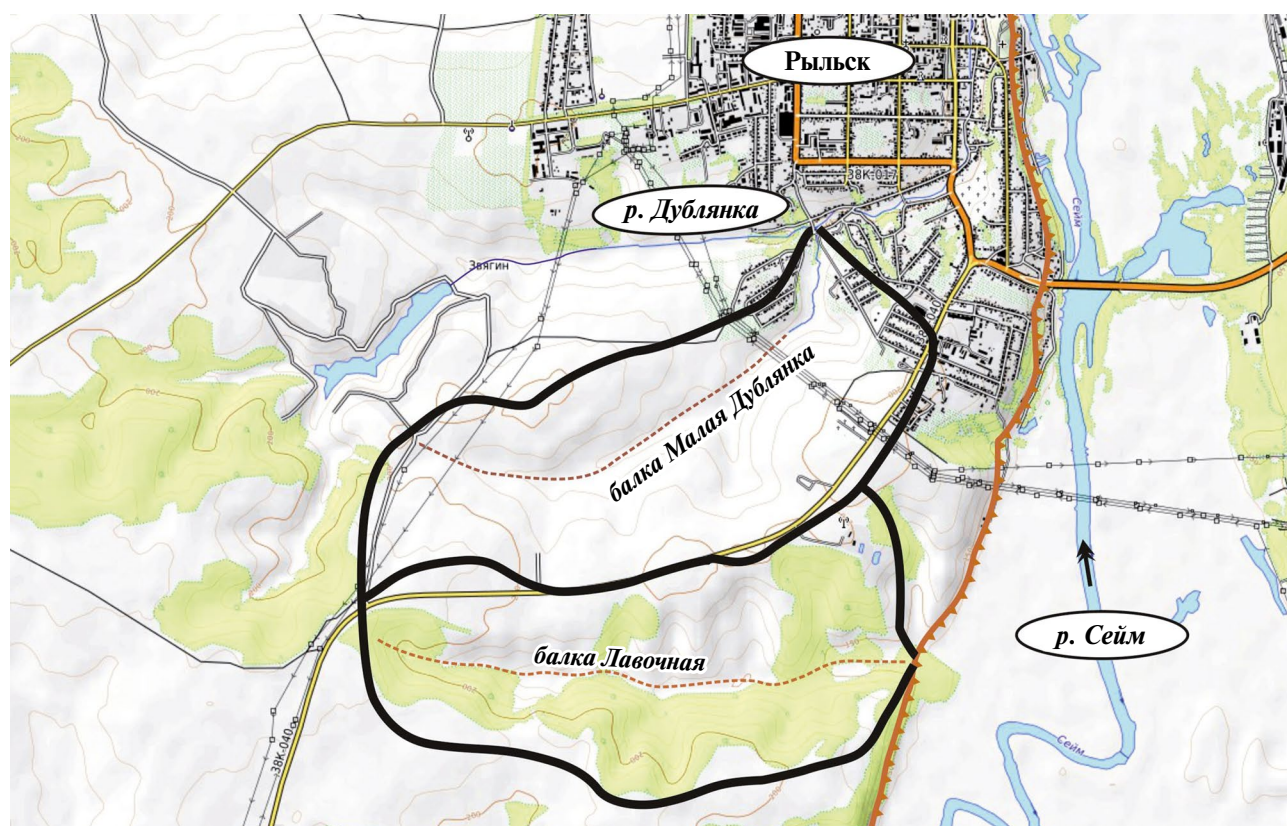


Рис. 2. Расположение малых водосборных бассейнов Малая Дублянка и Лавочная на карте Рыльского района.

болот и других гидроморфных комплексов на междуречьях. Вершины увала на межселенных территориях используются под пашню, а в Рыльске застроены кварталами усадебного типа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продемонстрируем, как может выглядеть базовый вариант комплексной геоэкологической оценки выбранных бассейнов. С точки зрения геолого-геоморфологических характеристик рассматриваемых объектов, они заложены в лесовидных суглинках. Выходы мела и мергелей выходят на дневную поверхность у основания склона в самой нижней части бассейна Лавочной; палеогеновых песков — местами в бортах Малой Дублянки. Почвы в днищах балок представлены дерновыми слоистыми, а также промытыми разновидностями лугово-черноземных и лугово-подзолистых. Механический состав верхних горизонтов почв легкосуглинистый, иногда песчаный. Во всех почвенных профилях наблюдается мелкая слоистость (2–5 мм), что указывает на регулярное переотложение наносов, задержку и прерывистый характер почвообразования (Бондарев и др., 2005).

Для водосборных бассейнов Малой Дублянки и Лавочной проведен морфометрический Хортон-анализ на основе топографической карты масштаба 1 : 25000 в кодировке Страллера (табл. 1). Водосборные бассейны одинаковы по площади, но значительно различаются морфометрически и морфологически. Бассейн Лавочной — водосбор 4-го порядка, с мало интенсивными склоновыми и эрозионными процессами: плавными очертаниями склонов, небольшим количеством современных эрозионных форм. Малая Дублянка — более активный водосборный бассейн 3-го порядка, который имеет резкие бровки вложенных в него эрозионных форм; их склоны часто имеют “пи-

лообразных” характер с большим количеством новейших промоин и оврагов, пусть и задернованных. У водосборного бассейна балки Лавочной количество ложбин и отвершков с временными водотоками 1-го и 2-го порядков выше нормы. Более того, он характеризуется не только увеличенным количеством таких водотоков, но и высокими значениями площадей бассейнов первого порядка (около 70% от общей площади), в ложбинах и оврагах первого порядка значительно увеличены уклоны тальвегов. Это может быть связано с более активной эрозией в водосборном бассейне в прошлом.

В пределах водосборного бассейна Малой Дублянки выявлены отклонения коэффициента бифуркации водотоков: их значительно больше, чем предполагает модальная структура. Структура соподчиненных бассейнов в этом водосборе сформирована, их площади и протяженность тальвегов близки к типичным, но структура склонов еще развивается. Следовательно, в бассейне Малой Дублянки с усилением антропогенной нагрузки можно ожидать активизации оврагов в его верхних частях и на склонах балки.

Интерес представляет анализ интегральных продольных профилей малых водосборных бассейнов (Bondarev, 2019); особенно их сравнение с выработанными (Зорина, 2003) и модальными (Симонов, Кружалин, 1992) профилями (рис. 3). Оба профиля выработаны не полностью и имеют потенциал к врезанию, который в современных условиях не реализуется. Но тальвег Лавочной приближается к модальному профилю, и в ее днище можно ожидать более равномерного распределения наносов по продольному профилю. Профиль Малой Дублянки далек от модального значения, следовательно, в верхних частях водосборного бассейна водотоки, при увеличении их водности, будут иметь значительную тенденцию к врезанию, а в нижней части, вероятно, будут аккумулировать наносы.

Таблица 1. Морфометрическая характеристика изучаемых водосборных бассейнов

Название бассейна	Порядок	Количество	Площадь, км ²	Длина, м	Уклон
Лавочная	1	46	2.2	320	0.117
	2	10	0.5	288	0.038
	3	2	0.2	508	0.018
	4	1	0.3	1305	0.009
Малая Дублянка	1	32	1.9	418	0.066
	2	5	0.9	680	0.036
	3	1	0.4	1588	0.014

Составлено по: (Бондарев и др., 2005).

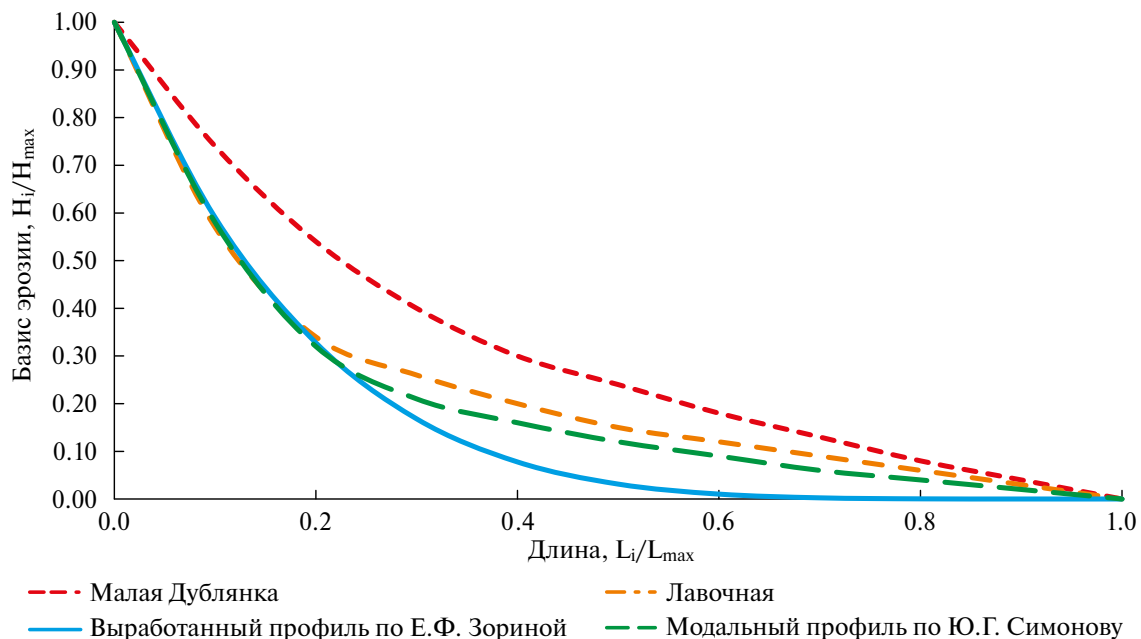


Рис. 3. Продольные профили малых водосборных бассейнов Малая Дублянка и Лавочная в сравнении с теоретическими выработанным и модальным профилями.

Таблица 2. Гидрологические характеристики водосборных бассейнов

Название бассейна	Порядок	Расход воды, м ³ /с		Модуль стока, м ³ /с × км ²	
		весеннего снеготаяния	дождевого паводка	весеннего снеготаяния	дождевого паводка
Лавочная	1	0.03	0.07	0.60	1.40
	2	0.13	0.24	0.48	0.89
	3	0.67	1.15	0.47	0.80
	4	1.55	1.55	0.49	0.49
Малая Дублянка	1	0.10	0.27	1.72	4.52
	2	0.32	0.42	0.48	0.63
	3	1.18	0.96	0.37	0.30

Составлено по: (Бондарев и др., 2000; с дополнениями).

Заметим, что для еще более глубокого морфометрического анализа можно использовать весьма обширный набор “геоморфометрик”, которые могли бы быть получены по цифровой модели рельефа ЦМР — крутизна, различные виды кривизны, переменные положения на склоне, “глубины долин”, длины линии стока, потенциальной энергии рельефа, эрозионного потенциала и т.д.

Для оценки гидрологических характеристик водосборных бассейнов, в частности, для оценки эрозионного потенциала временных водотоков, использовались расчетные методы по морфометрическим параметрам водосборов, поскольку в них нет постоянных водотоков и гидрометеорологических постов (Бондарев

и др., 2000). Понятие среднегодового стока к временным водотокам трудно применимо и не совсем корректно. Если оперировать среднемаксимальными расходами, то в зависимости от природных условий на одних объектах это могут быть расходы половодья, на других — паводков. Для обоих водосборных бассейнов были рассчитаны значения расходов воды при весеннем снеготаянии и дождевых паводках 1% обеспеченности (табл. 2) в соответствии с рекомендациями, приведенными в инструкции 1979 г.¹ (см. табл. 2). Использовалась рекомен-

¹ ВСН-04-77 Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 62 с.

дованная в указанном источнике методическая схема “Расчет максимальных расходов воды по редуцированной формуле с учетом бассейнового времени добегания”.

Выяснилось, что в одних случаях значения паводковых осадков выше, чем при весеннем снеготаянии, а в других наоборот. Рассчитанный дополнительно модуль стока показывает, что потенциал дождевых паводков выше для первых порядков бассейнов, но к 3–4-му порядку эти величины выравниваются. Это следует учитывать, например, при проектировании прудов, противоэрозионных и мелиоративных мероприятий в бассейнах. Заметим, что методика и ее картографическое обеспечение были составлены достаточно давно, и с тех пор не выходило обновление. Поэтому целесообразно учитывать исследования, которые были опубликованы в недавнее время по анализируемой территории (Сафина, Голосов, 2018; Ясинский, Кашутина, 2007). Так, отмечается, что за последние десятилетия существенно изменилась структура стока (снижение поверхностной и увеличение подземной составляющей). Кроме того, значительно снижается весенний сток, а, следовательно, дождевой становится более значительным фактором в функционировании водосборных бассейнов.

При расчете баланса наносов в водосборных бассейнах была произведена оценка скорости и величины накопления отложений в днищах балок и их отвершков (Бондарев и др., 2005) путем изучения распределения ^{137}Cs в аккумулятивной толще. Удалось обнаружить слои, связанные со временем, прошедшим с момента глобального выпадения радиоактивных осадков после начала ядерных испытаний и аварии на Чернобыльской АЭС, что позволило рассчитать среднегодовой слой накопления для взаимосвязанных водотоков разных порядков, а также общий объем аккумуляции по ним. По-

лучить данные по отвершкам первого порядка Лавочной не удалось, но основные тенденции накопления наносов вдоль днища балки были выявлены (табл. 3).

Установлено, что в центральной части бассейна Лавочной (соподчиненные бассейны 3-го и 4-го порядков) преобладают малые темпы среднегодового накопления наносов (0.09 см/год), а в периферийных бассейнах (2-го порядка) скорость накопления наносов в 5 раз выше (0.49 см/год). Следовательно, основная часть материала откладывается в верховьях, на распаханых склонах, а поступление наносов в тальвег балки блокируется лесной и кустарниковой растительностью. В бассейне Малой Дублянки с увеличением порядка водосбора наблюдается рост среднегодового слоя аккумуляции в 2.5 раза. Наносы удаляются из верхних звеньев и оседают в средней и нижней частях, поскольку залесенность бассейна меньше, а расчленение склонов больше, чем в бассейне Лавочной. Данные согласуются с морфометрией бассейнов и могут быть использованы, например, для анализа перераспределения загрязняющих веществ внутри изучаемых водосборов, выявления участков концентрации загрязняющих веществ.

В данном случае следует заметить, что изменение гидрологических характеристик сказывается и на интенсивности эрозионных процессов (Tsymbarovich et al., 2020). В то же время на соотношении перераспределения по порядкам бассейнов это сказывается в меньшей степени.

Построение ландшафтной картосхемы территории (рис. 4) с дальнейшим выделением уровня антропогенной трансформации ландшафтов стало следующим этапом комплексной оценки водосборов. Картосхема составлена на основе экспресс-оценки, ранее разработанной и опробованной на других ландшафтных объектах одним из авторов статьи (Иванов и др., 2008; Сурков, 2006; Сурков и др., 2019).

Таблица 3. Перераспределение наносов в изучаемых водосборных бассейнах

Название бассейна	Порядок	Слой аккумуляции, см/год	Объем аккумуляции, м ³ /год
Лавочная	1	—	—
	2	0.49	271
	3	0.09	20
	4	0.09	28
Малая Дублянка	1	0.18	222
	2	0.42	143
	3	0.44	140

Составлено по: (Бондарев и др., 2005).

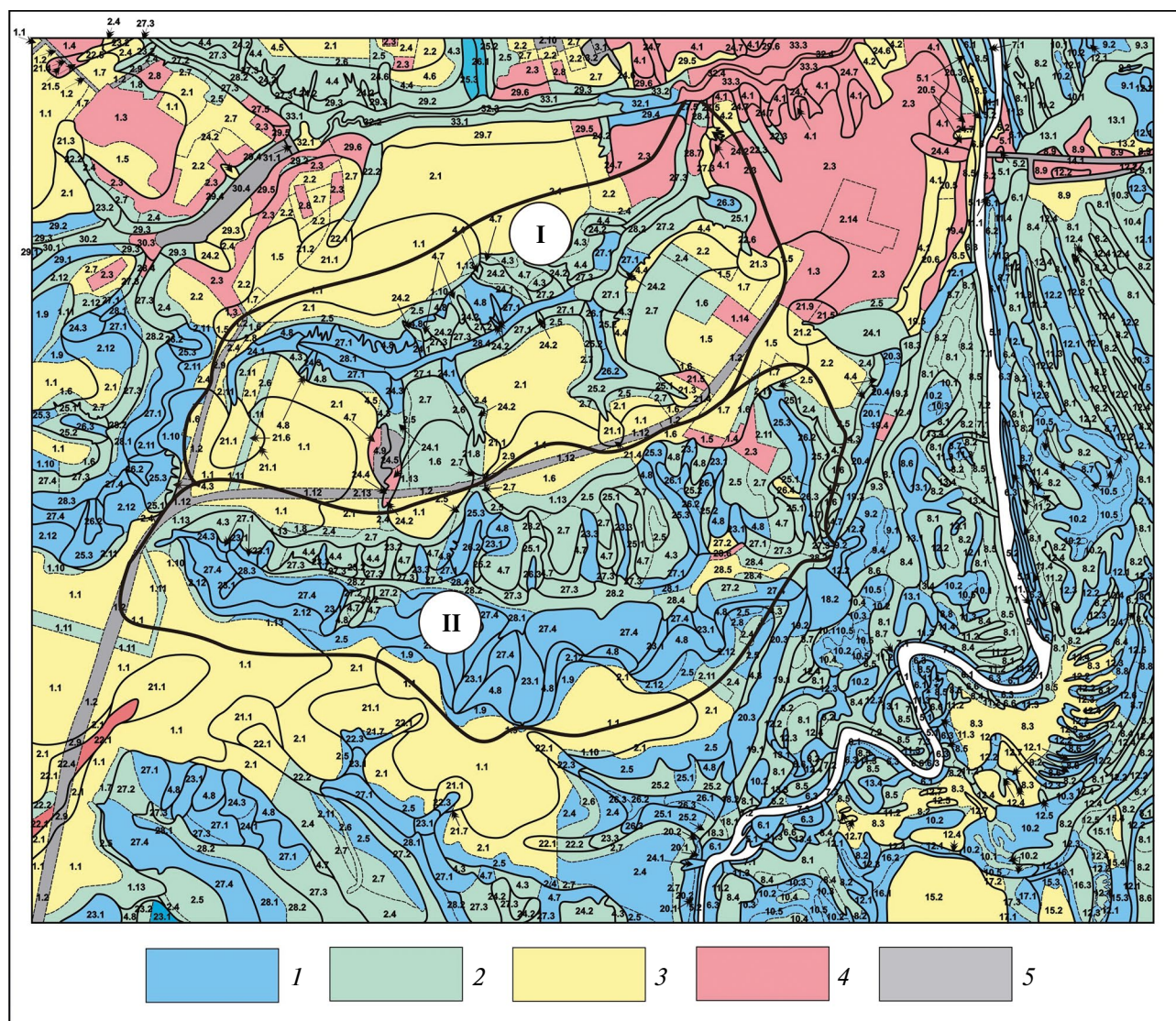


Рис. 4. Нарушенность ландшафта в пределах водосборных бассейнов Малой Дублянки (I), Лавочной (II) и на прилегающей территории. Фации: 1 — природные, 2 — слабо нарушенные, 3 — со средней степенью нарушения, 4 — сильно нарушенные, 5 — техногенные. Цифры на карте указывают порядковые индексы фаций.

В табл. 4 приведены примеры индексов фаций, соответствующий уровень нарушенности и основные дешифровочные признаки. Благодаря этому удастся выявить устойчивые и уязвимые участки бассейна. Для наглядности приведем примеры дешифровки территорий с различным уровнем нарушенности. Согласно табл. 4, условно-коренные природные территориальные комплексы (ПТК) непосредственно не используются в хозяйстве, имеют нетронутый рельеф, сохраняют зональный почвенно-растительный покров, соответствующий условиям увлажнения, литологическому составу поверхностных отложений. В эту категорию попадают ПТК с воссозданной после хозяйственного использования, близкой к естественной растительностью (например, вторичные леса с густым подлеском и травяно-кустарничковым ярусом). Нарушения структуры — единичные тропы, грунтовые доро-

ги, вырубki, огороды, канавы и т.п. занимают не более 5% территории урочища.

Слабонарушенные ПТК имеют измененный видовой состав растительности (березняки и кустарники вместо ельников и сосняков, дигрессионные луга) и нарушенные свойства почв без изменения их морфологического типа. Вырубki, пустоши, легкие постройки, дороги, карьеры, свалки мусора могут занимать до 20% площади. Сюда входят ПТК с искусственными посадками, парковые лесные насаждения. Средняя степень нарушения включает вырубку леса с изменением почвенного покрова, распашку территории, частичное изменение рельефа, условий поверхностного и подземного стока (сооружение карьеров, прудов, прокладка коммуникаций с насыпями и выемками, многочисленных троп и дорог). Пустоши, застроенные участки, карьеры, изрытые и спланированные участки

Таблица 4. Нарушенность некоторых природных территориальных комплексов в бассейнах балок (пример)

Индекс	Фация	Нарушенность	Признаки
27.4	Склоны балок покатые и крутые, с оползнями и промоинами, суглинистые, с выходами песков в нижней части, заросшие широколиственными лесами, на черноземах	Нет (условно-коренные фации)	Естественные склоновые процессы, близкие к зональному растительному покрову (байрачные дубовые леса с участием липы и клена, с лещиной снытьево-разнотравные)
2.5	Склоны холмов и увалов, полого-покатые, сложенные лессовидными суглинками, с березово-осиновыми мелколесьями на серых лесных почвах	Слабая	Изменение растительного покрова на старых зарастающих вырубках (березово-осиновые мелколесья с порослью дуба, ясеня, клена и кустарниками (лещина, смородина, акация, ива, боярышник) злаково-разнотравными (сныть, крапива, пупыр лесной, лютик едкий, земляника, папоротники, мятлик, овсяницы и др.)
1.1	Вершины холмов и междуречных возвышений, ровные и пологовыпуклые, реже пологоволнистые, сложенные суглинками, с серыми и темно-серыми лесными почвами, распаханые	Средняя	Пахотные и нарушенные варианты темно-серых лесных почв с сокращенным гумусовым горизонтом, эрозионные борозды и промоины на пашне, соответствующая севооборотам растительность (зерновые: ячмень, пшеница, кукуруза; сахарная свекла, подсолнечник; горох; клеверовые и злаково-бобовые луга; черный пар — злаково-сорнотравные пустоши: мятлик, полевица, ежовник, амброзия, ширица, полыни, мари, ромашка, живокость, подмаренники, осот, крапива, звездчатки, сурепка, экземпляры посевных культур) на месте степей
2.3	Склоны холмов и увалов, придолинные пологие, реже полого-покатые, сложенные лессовидными суглинками, с нарушенными, и техногенными почвами, под городской малоэтажной застройкой	Сильная	Искусственно выровненный ступенчатый рельеф, насыпные урбоцёмы, каналы и канавы вдоль улиц, внутрипочвенный дренаж, городская малоэтажная усадебная застройка линейного и решетчатого типа, с асфальтированными улицами и проездами, парадными с декоративными и плодовыми деревьями и кустарниками, линейными насаждениями тополя, дуба, клена, березы, редко сосны, ели и лиственницы вдоль улиц, травяными газонами, злаково-разнотравными пустошами на месте естественной растительности
1.12	Вершины холмов и междуречных возвышений, ровные и пологовыпуклые, реже пологоволнистые, сложенные суглинками, занятые местными автодорогами	Абсолютная (техногенные фации)	Искусственный фундамент (асфальтированное шоссе на песчано-щебнистой насыпи), сток по водоотводным канавам; искусственные и формирующиеся фитоценозы — лесополосы (ясень, береза, тополь, акация белая, жимолость, ракитник русский и др.) и разнотравно-сорнотравные (крапива, лопух, пырей ползучий, овсяница, мятлик, полыни, марь белая, бузинник, гулявники, мелколепестник канадский, горец птичий и др.) луга по откосам

занимают от 20 до 50% площади природного комплекса. На восстановление естественных природных комплексов при таких нарушениях требуется продолжительное время (в условиях лесной зоны — 200 лет и более). Средняя степень нарушения природных комплексов характерна для сельскохозяйственных территорий.

Сильную степень трансформации ПТК создает сельская или городская малоэтажная застройка, когда от ПТК остается лишь его литогенная основа. Это замена естественного почвенно-растительного покрова урбоцёмами, создание искусственных фитоценозов (разбивка парков, питомников и скверов), существенное изменение рельефа (планирование территории), регулирование стока и режима увлажнения плотинами, водохранилищами, мелиоративными системами, прокладкой коллекторов. Восстановление прежних урочищ становится невозможным, с прекращением хозяйственной деятельности формируются нехарактерные для ландшафта экосистемы. В техногенном ПТК все компоненты, включая литогенную основу, должны быть созданы искусственно; это могут быть хозяйственные и селитебные объекты на насыпных грунтах, с круговоротом вещества и энергии, который обеспечивается инженерными коммуникациями. Техногенные ПТК характерны для промышленных и городских агломераций.

Вначале, по визуальным признакам, оценивается нарушенность простых или элементарных морфологических частей ландшафта — фаций или урочищ, затем в рамках ландшафта или исследуемой территории показатели каждой градации суммируются, по количеству или площади, вычисляются их процентное соотношение и общий показатель нарушенности объекта в целом (табл. 5). В случае обоих изучаемых бассейнов условно-коренными фациями явля-

ются примерно 35% комплексов, в основном, с восстановленной лесной растительностью. Площадь фаций со слабой нарушенностью может сильно различаться: 10.5% для Малой Дублянки и 42.1% для Лавочной. Это лесные, луговые и болотные фации с нарушенным растительным покровом и почвами, старые залежи, зарастающие пустыри и т.п. Среднюю степень нарушенности имеют фации, активно используемые как сельскохозяйственные угодья, с нарушенными почвами и поверхностным стоком. Они занимают склоновые и приводораздельные части бассейнов. Таких фаций больше в бассейне Малой Дублянки (46.3%), в бассейне Лавочной их площадь всего 19%. Сильная степень нарушенности определяется трансформацией литогенной основы комплекса; площадь этих фаций не превышает 5% площади бассейнов в обоих бассейнах (городская застройка и хозяйственные объекты). Полностью техногенных фаций в бассейнах еще меньше (1–3%) — шоссе на насыпях, карьеры, пруды, плотины. Различия в структуре нарушенности, видимо, можно объяснить большей близостью балки Малая Дублянка к Рыльску по сравнению с балкой Лавочной.

Заметим, что дополнительные ландшафтные характеристики могли быть привлечены посредством расчета различных индексов (например, по снимкам Sentinel) — NDVI, NDWI и т.д., применение которых может усилить и объективировать геоэкологическую оценку в целом.

Последний этап комплексной оценки — изучение хозяйственной деятельности и проблем управления в бассейнах. Здесь используются данные статистических и хозяйственных отчетов, региональные атласы, различные базы данных и т.д. Также могут быть полезны опросы населения и представителей администрации.

Таблица 5. Нарушенность элементарных природных комплексов в пределах изучаемых водосборных бассейнов

Нарушенность фаций	Название бассейна			
	Малая Дублянка		Лавочная	
	площадь		площадь	
	км ²	%	км ²	%
Условно-природные комплексы	1.1	34.9	1.1	36.2
Слабая	0.3	10.5	1.2	42.1
Средняя	1.5	46.3	0.6	19.0
Сильная	0.2	5.2	0.1	1.8
Техногенные комплексы	0.1	3.1	0.1	0.9
Общая площадь	3.2	100.0	3.2	100.0

Для рассматриваемых бассейнов на основании технических отчетов, атласов², натурных наблюдений, опросов местных жителей, специалистов и представителей администрации установлены основные социально-экономические закономерности и проблемы.

Заселение рассматриваемых территорий завершилось к середине XVIII в., сформировав близкую к современной морфологическую структуру сельскохозяйственного ландшафта. Численность населения в регионе падает. В Рыльском районе с 2002 по 2021 г. убыль составила 27%, в Рыльске — 14%. Депопуляция на ландшафтной структуре бассейнов скажется неоднозначно. С одной стороны, снизится освоенность территории, что подтолкнет постепенное восстановление условно-коренных лесостепных урочищ. С другой стороны, концентрация населения в Рыльске повлечет застройку части бассейнов усадьбами и городской инфраструктурой, что приведет к дополнительной нагрузке на ландшафт. Подземные воды используются для водоснабжения, что сопровождается снижением уровня грунтовых вод, обмелением колодцев и прудов, снижением водности малых водотоков и повышает нормы орошения. В регионе наблюдаются процессы деградации и эрозия почв. Непродуктивные и не используемые пахотные земли переводятся в пастбищные угодья. Землепользование в личных подсобных хозяйствах отсталое и малоэкологичное. Автодорога, проходящая по водоразделу исследуемых бассейнов, провоцирует линейную эрозию и является потенциально химически опасным объектом (перевозка аммиака, горюче-смазочных материалов и т.д.). В верхней части водосбора Малой Дублянки расположен полигон твердых бытовых отходов, требующий особого внимания. Бассейны балок имеют рекреационный потенциал. Однако в настоящее время рекреационные ресурсы используются слабо, лишь в бассейне Малой Дублянки организована небольшая лыжная база.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Малые водосборы — удобные объекты для проведения комплексных исследований. Они

² Атлас Курской области. ФГУП / под ред. Н.А. Тетрюнова, Л.С. Минина. Екатеринбург: Уральская картографическая фабрика Роскартографии, 2000. 48 с.; Схема территориального планирования Рыльского района Курской области. Т. I. Положение о территориальном планировании. Курск, 2021. 59 с.; Т. II. Материалы по обоснованию проекта схемы территориального планирования. Курск, 2021. 202 с. https://rylskraion.gosuslugi.ru/ofitsialno/dokumenty/dokumenty-all_664.html (дата обращения 18.02.2024).

широко распространены, встречаются в разных природных зонах и могут быть предметом рассмотрения во многих геоэкологических задачах, направленных на решение проблем управления водо- и землепользованием на локальном и региональном уровнях. Комплексную геоэкологическую оценку малых водосборных бассейнов целесообразно выполнять поэтапно по пяти основным блокам: геолого-геоморфологический анализ; гидрометеорологический анализ; анализ баланса вещества; анализ ландшафтной структуры и степени антропогенной деформации; анализ хозяйственной деятельности и проблем управления. Этапы комплексного геоэкологического анализа, проиллюстрированные на примере двух малых водосборных бассейнов Курской области, показали эффективность предлагаемого подхода. Таким образом, комплексная геоэкологическая оценка позволяет дать более обоснованный прогноз и рекомендации по управлению водными и земельными ресурсами территории, на которой расположены водосборные бассейны.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Теоретическое обоснование, дистанционное дешифрирование и интерпретация результатов проведены в рамках исследования по государственному заданию № 121051100166-4 географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, получение эмпирических данных и их обработка проводились по плану кафедры социологии и культурологии МГТУ им. Н.Э. Баумана.

FUNDING

Theoretical substantiation, remote decryption and interpretation of the results were carried out as part of a study on state assignment no. 121051100166-4 of the geographical faculty of Lomonosov Moscow State University, the acquisition of empirical data and their processing were carried out according to the plan of the department of sociology and cultural studies of Bauman Moscow State Technical University.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абалаков А.Д., Лопаткин Д.А. Устойчивость ландшафтов и ее картографирование // Изв. Иркутск. гос. ун-та. Серия: Науки о Земле. 2014. Т. 8. С. 2—14.
- Андрухович А.И. Геоэкологическая оценка состояния компонентов природной среды // Региональная физическая география в новом столетии. Минск: БГУ, 2014. Вып. 8. С. 1—9.
- Атлас Курской области. ФГУП / под ред. Н.А. Тетрюнова, Л.С. Минина. Екатеринбург: Уральская картографическая фабрика Роскартографии, 2000. 48 с.

- Бондарев В.П.* Концепции современного естествознания. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Альфа-М; ИНФРА-М, 2013. 512 с.
- Бондарев В.П.* Геоэкологические проблемы и бассейновая организация земной поверхности // Науки о Земле и Цивилизация. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2019. Т. 9. С. 75–79.
- Бондарев В.П., Голосов В.Н., Кузнецов П.В.* Влияние морфометрических характеристик овражно-балочных систем на перераспределение наносов в их днищах // Геоморфология. 2005. № 2. С. 26–34.
- Бондарев В.П., Зорина Е.Ф., Ковалев С.Н.* Гидролого-морфометрические характеристики овражно-балочных систем центра Русской равнины // Геоморфология. 2000. № 2. С. 52–58.
- Галицкая Н.Ф., Галицкий В.И., Кочергин П.Г.* География Курской области. Воронеж: Центрально-Черноземное кн. изд-во, 1970. 78 с.
- Горшкова А.Т., Урбанова О.Н.* Интегральные показатели в экологической диагностике // Международный. научно-исслед. журн. 2016. № 6 (48). Ч. 5. С. 132–136.
- Грин А.М., Ключев Н.Н., Мухина Л.И.* Геоэкологический анализ // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1995. № 1. С. 21–30.
- Дебеляя И.Д., Кочережко Е.А.* Геоэкологический анализ — эффективный метод оценки экологического состояния территории в районах добычи минерального сырья // Вестн. ТОГУ. 2009. № 2. С. 103–110.
- Дмитриев В.В.* Определение интегрального показателя состояния природного объекта как сложной системы // Общество. Среда. Развитие. 2009. № 4 (13). С. 146–165.
- Заиканов В.Г., Минакова Т.Б.* Методические основы комплексной геоэкологической оценки территории. М.: Наука, 2008. 81 с.
- Захаров К.В., Медведков А.А., Иванова Е.Ю.* Технология геоэкологической оценки урбанизированных территорий (на примере ближнего Подмосковья) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25. № 1. С. 352–361.
- Зорина Е.Ф.* Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 168 с.
- Иванов А.Н., Самойлова Г.С., Сурков В.В.* Ландшафтно-экологические исследования при проектировании газопроводов в лесной зоне // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 2008. № 1. С. 58–65.
- Кабанова Р.В., Кудинова М.Р., Соколовский Л.Б.* География Курской области. Курск: КГПУ, 1997. 112 с.
- Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А.* Комплексная геоэкологическая оценка горнопромышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный науч. журн. Кубанского гос. аграрного ун-та. 2012. № 84. С. 113–122.
- Коробов В.Б., Котова Е.И., Кочуров Б.И.* Интегральные и интегрированные показатели в геоэкологических оценках территорий и акваторий // Проблемы региональной экологии. 2021. № 4. С. 107–111.
- Корытный Л.М.* Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 5–16.
- Кочуров Б.И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.—Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
- Маккавеев Н.И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 345 с.
- Милюков Ф.Н.* Человек и ландшафты. Очерки антропогенного ландшафтоведения. М.: Мысль, 1973. 224 с.
- Милюков Ф.Н., Михно В.Б., Дроздов К.А. и др.* Долинно-речные ландшафты среднерусской лесостепи. Воронеж: изд-во Воронеж. ун-та, 1987. 256 с.
- Михно В.Б., Кандыбо Е.В.* Особенности трансформации ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия: География. Геоэкология. 2006. № 1. С. 9–16.
- Прокопьев М.Г., Витухин А.Д.* Анализ и рейтинг состояния окружающей среды по регионам ЦФО РФ // Региональные проблемы преобразования экономики. 2019. № 8 (106). С. 175–183.
- Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине / под ред. В.Н. Голосова, О.П. Ермолаева. Казань: Изд-во АН РТ, 2019. 372 с.
- Сафина Г.Р., Голосов В.Н.* Влияние изменений климата на внутригодовое распределение стока малых рек южной половины Европейской территории России // Уч. зап. Казанского ун-та. Серия Естественные науки. 2018. Т. 160. № 1. С. 111–125.
- Симонов Ю.Г., Кружалин В.И.* Речные бассейны // Динамическая геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1992. С. 237–264.
- Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю.* Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки // Эрозия почв и русловые процессы. М., 2004. Вып. 14. С. 7–33.
- Солнцев Н.А.* Некоторые вопросы динамики ландшафта // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. 1963. № 2. С. 155–176.
- Спесивый О.В., Лисецкий Ф.Н.* Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в Центрально-Черноземном районе на основе бассейнового подхода // Региональные геосистемы. 2014. Т. 27. № 10 (181). С. 125–132.
- Сурков В.В., Завадский А.С., Чернов А.В.* Пойма р. Москвы в нижнем течении, экологическое состояние, развитие в условиях интенсивного техногенного использования и оценка техногенной

- нарушенности ее природных территориальных комплексов // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 2019. С. 113–148.
- Сурков В.В. Оценка антропогенной нагрузки ландшафтов по трассе Северо-Европейского газопровода в пределах Вологодской области // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика. М.: Географич. ф-тет МГУ, 2006. С. 590–593.
- 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.
- Эрозионно-русловые системы: монография / под ред. Р.С. Чалова, А.Ю. Сидорчука, В.Н. Голосова. М.: ИНФРА-М, 2017. 702 с.
- Ясинский С.В., Какутина Е.А. Пространственные и временные закономерности изменения весеннего склонового и речного стока на Русской равнине // Изв. РАН. Сер. геогр. 2007. № 5. С. 71–81.
- Bondarev V.P. Longitudinal and Cross Profiles as Indicators of Morphodynamics of Small Drainage Basins (Case Study European Russia). Climate Change Impacts on Hydrological Processes and Sediment Dynamics: Measurement, Modelling and Management. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, 2019. P. 12–15.
- Chorley R.J., Schumm S.A., Sugden D.E. Geomorphology. Routledge, 2019. 607 p.
- Deng X., Gibson J., et al. River Basin Management. Springer, 2019. 422 p.
- Downs P.W., Gregory K.J., Brookes A. How integrated is river basin management? // Env. Manage. 1991. Vol. 15. P. 299–309.
- Dunne T., Leopold L.B. Water in environmental planning. Macmillan, 1978. 818 p.
- Griffiths P.G., Hereford R., Webb R.H. Sediment Yield and Runoff Frequency of Small Drainage Basins in the Mojave Desert, U.S.A. // Geomorphology. 2006. № 74. P. 232–244.
- Kidron G.J., Zohar M. Spatial Evaporation Patterns within a Small Drainage Basin in the Negev Desert // J. Hydrol. 2010. Vol. 380 (3–4). P. 376–385.
- Knighton D. Fluvial forms and processes: a new perspective. Routledge, 2014. 383 p.
- Minella J.P.G., Merten G.H., Clarke R.T. Identification of sediment sources in a small rural drainage basin. Sediment Transfer through the Fluvial System (Proceedings of a symposium held in Moscow, August 2004). IAHS Publ., 2004. Vol. 288. P. 44–51.
- Newson M. Land, water and development // Hydrol. Sci. J. 1998. Vol. 43. № 3. P. 498–498.
- Oruonyel E.D. Morphometry and Flood in Small Drainage Basin: Case Study of Mayogwoi River Basin in Jalingo, Taraba State Nigeria // J. Geogr. Environ. Earth Sci. Int. 2016. Vol. 5. № 1. P. 1–12.
- Ponczynski J.J., Abrahams A.D. Impact of construction activities on sediment response in a small drainage basin, western New York // Phys. Geogr. 2013. Vol. 4. № 1. P. 25–37.
- Ramkumar M., Kumaraswamy K., Mohanraj R. Environmental management of river basin ecosystems. Berlin/Heidelberg: Springer, 2015. 761 p.
- River basin management in the twenty-first century: understanding people and place / V.R. Squires, H.M. Milner, K.A. Daniell (Eds.). CRC Press, 2014. 511 p.
- Shit P.K., Bera B., Islam A., et al. Introduction to drainage basin dynamics: Morphology, landscape and modelling / Drainage Basin Dynamics: An Introduction to Morphology, Landscape and Modelling. 2022. P. 1–9.
- Strahler A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology // Eos, Transactions American Geophysical Union. 1957. Vol. 38. № 6. P. 913–920.
- Tsymbarovich P., et al. Soil erosion: An important indicator for the assessment of land degradation neutrality in Russia // Int. Soil Water Conserv. Res. 2020. Vol. 8. № 4. P. 418–429.
- <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.06.002>
- Verstraeten G., Poesen J. Assessment of Sediment-Fixed Nutrient Export From Small Drainage Basins in Central Belgium Using Retention Ponds. The Role of Erosion and Sediment Transport in Nutrient and Contaminant Transfer (Proceedings of a symposium held at Waterloo, Canada, July 2000). IAHS Publ., 2000. № 263. P. 243–249.

Comprehensive Geoecological Assessment of Small Watersheds for Management Purposes (Example of Two Objects in Kursk Oblast)

V. P. Bondarev^{a, b, *} and V. V. Surkov^{b, **}

^a*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

^b*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

*e-mail: valery_bondarev@mail.ru

**e-mail: vita.surkov@yandex.ru

An overview of modern approaches to the study of drainage basins is provided, which can form the basis of a comprehensive geoecological assessment of the territory. The algorithm for such an assessment is presented, comprising five main steps. The proposed approach may enable the creation of a reliable framework for the further expansion or specialisation of analysis of the territory, and the development of recommendations for optimizing land and water use within a small drainage basin. To illustrate the research algorithm, two small drainage basins in Kursk Oblast are used as examples. They are comparable in area (both measuring about 3.2 km²) but have different morphological structures. Taking the dynamics of water discharges into account shows differences in the nature of erosion and accumulation processes in the catchments. The landscape scheme made it possible to assess the disturbance of landscapes. The basin adjacent to the city has a high proportion of moderately disturbed landscapes, and the more remote one has slightly disturbed landscapes. Socioeconomic activity in the surrounding area affects erosion-accumulative processes and disturbance of the landscape structure of basins in different ways. The greatest environmental stress is created by the road running along the watershed between the basins and the landfill site in the upper reaches of one of them.

Keywords: small catchments, basin approach, integral and integrative indicators, morphometric analysis, hydro-meteorological analysis, radiocesium analysis, technogenic disturbance of the landscape, socio-ecological assessment

REFERENCES

- Abalakov A.D., Lopatkin D.A. Landscape stability and its mapping. *Tr. Irkutsk. Gos. Univ., Ser. Nauki Zemle*, 2014, vol. 8, pp. 2–14. (In Russ.).
- Andrukhovych A.I. *Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya komponentov prirodnoi sredy* [Geoecological Assessment of the State of the Components of the Natural Environment]. In *Regional'naya fizicheskaya geografiya v novom veke. Vyp. 8* [Regional Physical Geography in the New Century. Vol. 8]. Minsk: BGU, 2014, pp. 1–9. (In Russ.).
- Atlas Kurskoi oblasti* [Atlas of Kursk Oblast]. Tatari-nov N.A., Minin L.S., Eds. Yekaterinburg: Ural'skaya kartograficheskaya fabrika Roskartografii, 2000. 48 p.
- Bondarev V.P. *Kontseptsii sovremennogo estestvoznaniya* [Concepts of Modern Natural Science]. Moscow: Al'fa-M Publ., INFRA-M Publ., 2013. 512 p.
- Bondarev V.P. Geoecological problems and basin organization of the Earth's surface. In *Nauki o Zemle i Tsivilizatsiya. Vyp. 9* [Earth Sciences and Civilization. Vol. 9.]. St. Petersburg: Izd-vo RGPU im. A.I. Gertsena, 2019a, pp. 75–79. (In Russ.).
- Bondarev V.P. Longitudinal and cross profiles as indicators of morphodynamics of small drainage basins (case study European Russia). In *Climate Change Impacts on Hydrological Processes and Sediment Dynamics: Measurement, Modelling and Management*. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, 2019b, pp. 12–15.
- Bondarev V.P., Zorina E.F., Kovalev S.N. Hydrological and morphometric characteristics of gully-balka systems of the center of the Russian Plain. *Geomorfol.*, 2000, no. 2, pp. 52–58. (In Russ.).
- Bondarev V.P., Golosov V.N., Kuznetsov P.V. Impact of morphometric characteristics of gully-balka systems on the redistribution of sediments in their bottoms. *Geomorfol.*, 2005, no. 2, pp. 26–34. (In Russ.).
- Chalov R.S. *Ruslovedenie: teoriya, geografiya, praktika. Tom 1* [Channel Studies: Theory, Geography, Practice. Vol. 1]. Moscow: LKI Publ., 2008. 608 p.
- Chorley R.J., Schumm S.A., Sugden D.E. *Geomorphology*. Routledge, 2019. 607 p.
- Debelaya I.D., Kocherezhko E.A. Geoecological analysis is an effective method for assessing the ecological state of a territory in areas of mineral extraction. *Vestn. TOGU*, 2009, no. 2, pp. 103–110. (In Russ.).
- Dmitriev V.V. Definition of the integral indicator of the state of a natural object as a complex system. *Obshchestvo. Sreda. Razvitiye*, 2009, no. 4, pp. 146–165. (In Russ.).
- Downs P.W., Gregory K.J., Brookes A. How integrated is river basin management? *Environ. Manage.*, 1991, vol. 15, pp. 299–309.
- Dunne T., Leopold L.B. *Water in Environmental Planning*. Macmillan, 1978. 818 p.

- Environmental Management of River Basin Ecosystems*. Ramkumar M., Kumaraswamy K., Mohanraj R., Eds. Berlin, Heidelberg: Springer, 2015. 761 p. .
- Eroзионно-ruslovye sistemy* [Erosion-Channel Systems]. Chalov R.S., Sidorchuk A.Yu., Golosov V.N., Eds. Moscow: INFRA-M Publ., 2017. 702 p.
- Galitskaya N.F., Galitsky V.I., Kochergin P.G. *Geografiya Kurskoi oblasti* [Geography of Kursk Oblast]. Voronezh: Tsentral'no-Chernozemnoe knizhnoe izd-vo, 1970. 78 p.
- Gorshkova A.T., Urbanova O.N. Integral indicators in environmental diagnostics. *Mezhdun. Nauch.-Issled. Zh.*, 2016, no. 6, part 5, pp. 132–136. (In Russ.).
- Griffiths P.G., Hereford R., Webb R.H. Sediment yield and runoff frequency of small drainage basins in the Mojave Desert, U.S.A. *Geomorphology*, 2006, no. 74, pp. 232–244.
- Grin A.M., Klyuev N.N., Mukhina L.I. Geoecological analysis. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 1995, no. 1, pp. 21–30. (In Russ.).
- Ivanov A.N., Samoilova G.S., Surkov V.V. Landscape and ecological studies in the design of gas pipelines in the forest zone. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 2008, no. 1, pp. 58–65. (In Russ.).
- Kabanova R.V., Kudinova M.R., Sokolovskii L.B. *Geografiya Kurskoi oblasti* [Geography of Kursk Oblast]. Kursk: KGPU, 1997. 112 p.
- Kidron G.J., Zohar M. Spatial evaporation patterns within a small drainage basin in the Negev Desert. *J. Hydrol.*, 2010, vol. 380, no. 3–4, pp. 376–385.
- Knighton D. *Fluvial Forms and Processes: A New Perspective*. Routledge, 2014. 383 p.
- Kochurov B.I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitiye* [Ecodiagnosics and Balanced Development]. Moscow, Smolensk: Magenta Publ., 2003. 384 p.
- Kopylov I.S., Karaseva T.V., Gershanok V.A. Comprehensive geoecological assessment of mining regions of the Northern Urals. *Politemat. Setevoi Elektron. Nauch. Zh. Kuban. Gos. Agrar. Univ.*, 2012, no. 84, pp. 113–122. (In Russ.).
- Korobov V.B., Kotova E.I., Kochurov B.I. Integral and integrated indicators in geoecological assessments of territories and water areas. *Probl. Reg. Ekol.*, 2021, no. 4, pp. 107–111. (In Russ.).
- Korytny L.M. The basin concept: From hydrology to nature management. *Geogr. Nat. Resour.*, 2017, vol. 38, pp. 111–121.
<https://doi.org/10.1134/S1875372817020019>
- Makkaveev N.I. *Ruslo reki i eroziya v ee basseine* [River Channel and Erosion in Its Basin]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1955. 345 p.
- Mikhno V.B., Kandybko E.V. Features of transformation of landscapes of basins of small rivers of Voronezh Oblast. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ., Ser. Geogr. Geoekol.*, 2006, no. 1, pp. 9–16. (In Russ.).
- Milkov F.N. *Chelovek i landshafty. Ocherki antropogennogo landshaftovedeniya* [Man and Landscapes: Essays on Anthropogenic Landscape Studies]. Moscow: Mysl' Publ., 1973. 224 p.
- Milkov F.N., Mikhno V.B., Drozdov K.A., et al. *Dolinno-rechnye landshafty Srednerusskoi lesostepi* [Valley-River Landscapes of the Central Russian Forest-Steppe]. Voronezh: Izd-vo Voronezh. Univ., 1987. 256 p.
- Minella J.P.G., Merten G.H., Clarke R.T. Identification of sediment sources in a small rural drainage basin. In *Sediment Transfer through the Fluvial System (Proc. Symp. Moscow, August 2004)*. No. 288. IAHS Publ., 2004, pp. 44–51.
- Newson M. Land, water and development. *Hydrol. Sci. J.*, 1998, vol. 43, no. 3, pp. 498–498.
- Oruonyel E.D. Morphometry and flood in small drainage basin: case study of Mayogwoi River Basin in Jalingo, Taraba State Nigeria. *J. Geogr. Environ. Earth Sci. Int.*, 2016, vol. 5, no. 1, pp. 1–12.
- Ponczynski J.J., Abrahams A.D. Impact of construction activities on sediment response in a small drainage basin, western New York. *Phys. Geogr.*, 2013, vol. 4, no. 1, pp. 25–37.
- Prokopyev M.G., Vitukhin A.D. Analiz i rejting sostoyaniya okruzhayushhej sredy' po regionam CzFO RF [Analysis and rating of the state of the environment by region of the Central Federal District of the Russian Federation]. *Reg. Probl. Ekon. Transform.*, 2019, no. 8, pp. 175–183. (In Russ.).
- Prostranstvenno-vremennye zakonomernosti razvitiya sovremennykh protsessov prirodnoi i antropogennoi erozii na Russkoi ravnine* [Spatial and Temporal Patterns of the Development of Modern Natural and Anthropogenic Erosion on the Russian Plain]. Golosov V.N., Ermolaev O.P., Eds. Kazan: Izd-vo AN RT, 2019. 372 p.
- River Basin Management in the Twenty-First Century: Understanding People and Place*. Squires V.R., Milner H.M., Daniell K.A., Eds. CRC Press, 2014. 511 p.
- River Basin Management*. Deng X., Gibson J., Eds. Springer, 2019. 422 p.
- Safina G.R., Golosov V.N. The impact of climate change on the intraannual flow distribution of small rivers in the southern half of the European territory of Russia. *Uch. Zap. Kazan. Univ., Ser. Estestv. Nauki*, 2018, vol. 160, no. 1, pp. 111–125. (In Russ.).
- Shit P.K., Bera B., Islam A., et al. Introduction to drainage basin dynamics: morphology, landscape and modelling. In *Drainage Basin Dynamics: An Introduction to Morphology, Landscape and Modelling*. Springer, 2021, pp. 1–9.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-79634-1>
- Simonov Yu.G., Kruzhalin V.I. River basins. In *Dinamicheskaya geomorfologiya* [Dynamic Geomorphology]. Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 1992, pp. 237–264. (In Russ.).
- Simonov Yu.G., Simonova T.Yu. River basin and basin organization of the geographical sphere. In *Eroзионnye*

- i ruslovye protsessy. No. 14* [Soil Erosion and Channel Processes. No. 14], Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 2004, pp. 7–33. (In Russ.).
- Solntsev N.A. Some issues of landscape dynamics. *Vestn. Mosk. Univ., Ser. 5: Geogr.*, 1963, no. 2, pp. 155–176. (In Russ.).
- Spesiviy O.V., Lisetsky F.N. Assessment of the intensity and normalization of soil erosion in the Central Chernozem area based on the basin approach. *Reg. Geosist.*, 2014, vol. 27, no. 10, pp. 125–132. (In Russ.).
- Strahler A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos Trans. AGU*, 1957, vol. 38, no. 6, pp. 913–920.
- Surkov V.V. Assessment of the anthropogenic load of landscapes along the route of the North European gas pipeline within Vologda Oblast. In *Landshaftovedenie: teoriya, metody, regional'nye issledovaniya, praktika* [Landscape Studies: Theory, Methods, Regional Studies, Practice]. Moscow: Geogr. Fak. Mosk. Univ., 2006, pp. 590–593. (In Russ.).
- Surkov V.V., Zavadsky A.S., Chernov A.V. Floodplain of the Moscow River in the lower reaches, ecological state, development in conditions of intensive technogenic use and assessment of technogenic disturbance of its natural territorial complexes. In *Eroziionnye i ruslovye protsessy* [Soil Erosion and Channel Processes]. Moscow: Izd-vo Mosk. Univ., 2019, pp. 113–148. (In Russ.).
- Tsybmarovich P., et al. Soil erosion: An important indicator for the assessment of land degradation neutrality in Russia. *Int. Soil Water Conserv. Res.*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 418–429.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.06.002>
- Verstraeten G., Poesen J. Assessment of sediment-fixed nutrient export from small drainage basins in central Belgium using retention ponds. In *The Role of Erosion and Sediment Transport in Nutrient and Contaminant Transfer (Proc. Symp. Waterloo, Canada, July 2000)*. No. 263. IAHS Publ., 2000, pp. 243–249.
- Yasinskii S.V., Kashutina E.A. Spatial and temporal patterns of changes in spring slope and river flow on the Russian plain. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2007, no. 5, pp. 71–81. (In Russ.).
- Zaikanov V.G., Minakova T.B. *Metodologicheskie osnovy kompleksnoi geoekologicheskoi otsenki territorii* [Methodological Foundations of a Comprehensive Geoecological Assessment of the Territory]. Moscow: Nauka Publ., 2008. 81 p.
- Zakharov K.V., Medvedkov A.A., Ivanova E.Yu. Technology of geoecological assessment of urbanized territories (on the example of the near Podmoskovye). *InterKarto. InterGIS*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 352–361. (In Russ.).
- Zorina E.F. *Ovrazhnaya eroziya: zakonomernosti i potentsial razvitiya* [Gully Erosion: Patterns and Development Potential]. Moscow: GEOS Publ., 2003. 168 p.