НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

ВОДОСБОРЫ МАЛЫХ РЕК КАК ОСНОВА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ CATCHMENTS OF SMALL RIVERS AS THE BASIS FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF STEPPE LANDSCAPES

Ж.Т. Сивохип, Ю.А. Падалко, В.М. Павлейчик, А.А. Чибилёв

Z.T. Sivokhip, Yu.A. Padalko, V.M. Pavleichik, A.A. Chibilev

Институт степи ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург

yapadalko@gmail.com

Рассматриваются вопросы комплексной оценки состояния степных ландшафтов на основе анализа функционирования водосборов малых рек. В качестве примера представлен расчет индекса оптимального функционирования ключевых водосборов малых рек бассейна р. Урал. Разработан и апробирован интегральный индекс функционального состояния водосборов малых рек.

The issues of complex assessment of the state of steppe landscapes based on the analysis of the functioning of catchments of small rivers are considered. As an example, the calculation of the index of optimal functioning of key catchments of small rivers in the Ural River basin is presented. An integral index of the functional state of small river catchments has been developed and tested.

Ключевые слова: малая река, интегральный показатель.

Key words: small river, integral indicator

Для устойчивого природопользования в степной зоне ключевое значение имеют количественные и качественные показатели водных ресурсов, которые существенно влияют на эколого-географическую специфику природных геосистем. Значительная доля водных ресурсов степной зоны формируется за счет поверхностных вод, представленных в первую очередь речными системами различного ранга. Малые реки являются ключевыми компонентами степного ландшафта, выполняющими важные ландшафтно-экологические функции. В частности, функцию накопления и перераспределения влаги, в результате осуществления которой малые реки выступают в роли ключевого связующего звена в природных комплексах. В условиях степной зоны роль малых рек как геосистем, влияющих на природное разнообразие окружающих ландшафтов, особенно велика. Вариативность экотопических условий данных природных объектов отражается на пространственной и структурно-функциональной организации водосборных территорий. Исключительная важность малых рек для степных геосистем связана с формированием природных комплексов с повышенным ландшафтным и биологическим разнообразием.

Исследуемая территория – бассейн р. Урал – характеризуется довольно значительной плотностью речной сети – 2–4 км/км², кроме южных и юго-восточных районов, где плотность не превышает 0,5 км/км². Благодаря значительной расчлененности рельефа водосборных территорий, весомый вклад в формирование поверхностного стока вносят малые реки с площадью водосбора <2000 км², протяженностью <200 км [1].

Функциональное состояние малых рек является непосредственным отображением оптимальности гидрологических функций ландшафта, одним из первоочередных этапов интегральной оценки является ландшафтно-гидрологическое зонирование исследуемой территории по пространственным особенностям стокоформирования. За основу были взяты две ключевые схемы – зональной [2] и аazonальной [3] дифференциации природных условий стокоформирования. Группу количественных показателей составили – модуль стока, характеризующий процесс водоотдачи с единицы площади, и средняя высота водосборной площади. Результатом проведенной пространственной классификации исследуемой территории стало выделение 16 ланд-

шафтно-гидрологических округов в пределах 2 равнинных провинций (Общесыртовско-Предуральской и Прикаспийской) и 2 горных областей (Южно-Уральской и Зауральско-Мугоджарской) (рис. 1).

Антропогенная деятельность на водосборных площадях обуславливает сокращение их гидрологического потенциала и разрушает устойчивые межкомпонентные связи, что приводит, прежде всего, к трансформации качественных и количественных показателей речного стока [4]. Следует также отметить, что оптимальные гидрологические функции ландшафта напрямую связаны с понятием «устойчивости экосистем», в связи с чем ландшафтно-гидрологические исследования являются актуальным направлением в ходе интегральной оценки речных экосистем в условиях степного природопользования.

Цель работы. Геосистемы малых рек могут служить универсальными природными единицами для интегральной оценки оптимального состояния степных ландшафтов в условиях современного природопользования. С учетом структурно-функциональной и динамической специфики, природные комплексы малых рек могут стать своеобразными индикаторами геоэкологического состояния степных геосистем. Целью работы является разработка комплексной оценки состояния степных ландшафтов на основе расчета интегрального индекса оптимального функционирования бассейна малой реки.

Рис. 1. Ландшафтно-гидрологическое зонирование водосборной территории р. Урал.

Округа: 1 – Накасский, 2 – Деркуль-Киндерлинский, 3 – Сакмаро-Салмышский, 4 – Утвинский, 5 – Урало-Илекский, 6 – Илекско-Хобдинский, 7 – Шалкарский, 8 – Мергеневский, 9 – Нижнеуральский, 10 – Зилаирский, 11 – Уралтау-Ирендыкский, 12 – Саринский, 13 – Верхнеуральский, 14 – Суундук-Кумакский, 15 – Орский, 16 – Мугоджарский (Верхнеорский)

Задачи работы. Для интегральной оценки оптимального функционирования малых рек в пределах бассейна р. Урал были выбраны ключевые водотоки с различными эколого-гидрологическими и пространственными характеристиками, а также с наличием многолетних

рядов гидрологических наблюдений. Отобраны показатели физико-географических условий водосборов малых рек и социально-экономические характеристики использования их территории. Дальнейшие задачи предусматривали: составление базы данных по отобранным природным и социально-экономическим характеристикам ключевых водосборов; проведение расчета интегрального индекса с разнородными показателями с помощью непараметрического метода многомерного анализа; группировка ключевых бассейнов с применением разработанного индекса оптимального функционирования.

Методы и материалы. Согласно существующим представлениям об особенностях функционирования рек местного стока, ключевым условием для их оптимального функционирования является обеспечение стабильного водного режима. В связи с незначительной долей подземного питания в суммарном стоке малых рек степной зоны основными критериями для интегральной оценки их оптимального функционального состояния будут физико-географические условия, определяющие пространственно-временную специфику поверхностного стока. Из многообразия гидрографических характеристик, определяющихся как совокупность морфометрических и морфологических показателей, для интегральной оценки нами выбраны – площадь и средняя высота водосбора, модуль стока, средний уклон, густота речной сети. Также, кроме физико-географических характеристик, в условиях значительной антропогенной трансформации условий стока в степной зоне целесообразно учитывать и социально-экономические характеристики, в частности, показатели распаханности и плотности сельского населения в пределах водосборных территорий малых рек.

Интегральная оценка функционального состояния природных объектов является одним из универсальных подходов в современной географической науке [5–8], но вместе с тем, для расчета суммарного индекса часто включаются разнородные показатели с несоизмеримостью частных оценок. Для решения данной проблемы большое значение приобретают непараметрические методы исследования, которые позволяют работать с разнородными данными и нивелировать ошибки при статистической обработке. В частности, для получения интегральной оценки оптимального функционирования малых рек нами был использован непараметрический метод многомерного анализа – метод «Паттерн» (PATTERN), представляющий собой разновидность методик системного анализа [9].

Алгоритм интегральной оценки оптимального функционирования малых рек с использованием методики «Паттерн» включает следующие этапы:

1. Выбор таксономических единиц бассейнового районирования (ключевых бассейнов) и определение ключевых показателей.
2. Составление базы данных по отобранным природным и социально-экономическим характеристикам ключевых водосборов.
3. Установление максимальных значений по каждому показателю ключевых водосборов с последующим приведением остальных показателей к этому значению (таблица):

$$P = X_{ti} / X_{i \max}, \quad (1)$$

где X_{ti} – значение показателей для ключевых водосборов; $t = 1, \dots, n$ – номера показателей; $i = 1, \dots, n$ – номера водосборов.

4. Расчет итоговых рангов – K_p и $K_{сэ}$ (расчет среднеарифметического значения).
5. Для каждого ключевого бассейна с использованием полученных данных рассчитывается индекс оптимального функционирования (ИОФ), который представляет собой соотношение итоговых рангов по двум группам основных оценочных критериев.
6. Группировка ключевых бассейнов с применением разработанного индекса ИОФ.

Полученные результаты. Результаты по репрезентативным водосборам представлены в таблице. Использование методики «Паттерн» в рамках эколого-гидрологических исследований позволяет получить достаточно достоверную оценку функционального состояния малых рек степной зоны с учетом значительной антропогенной трансформации условий стокоформирования. Результаты группировки малых рек по степени оптимальности функционирования представлены на рис. 2.

Индекс оптимального функционирования малых рек бассейна р. Урал

№ п/п	Река	Итоговый ранг (K_{Π})	Итоговый ранг (K_{C3})	Индекс оптимального функционирования (K_{Π}/K_{C3})
1	Миндяк	0,80	0,50	1,59
2	М. Кизил	0,81	0,79	1,03
3	Худолаз	0,62	0,66	0,95
4	Зингейка	0,41	0,77	0,53
5	Джуса	0,34	0,77	0,44
6	Урман-Зилаир	0,75	0,35	2,15
7	Касмарка	0,77	0,32	2,38
8	Губерля	0,60	0,65	0,92
9	Бердянка	0,27	0,76	0,35
10	Черная	0,24	0,67	0,37
11	Кинделя	0,43	0,82	0,53

Рис. 2. Группировка малых рек на основе индекса оптимального функционирования.

Степень устойчивости функционирования:

I – устойчивое оптимальное; II – оптимальное; III – неустойчивое

Максимальные значения индекса оптимального функционирования характерны для правых верховых притоков бассейна р. Урал (рр. Урман-Зилаир, Касмарка, Миндяк). Водосборная территория данного гидрографического участка отличается неоднородной пространственной структурой и относительно благоприятными климатическими условиями, что позволяет поддерживать достаточно устойчивую гидрологическую функцию ландшафтов. Вместе с тем, следует обратить внимание на возрастающую антропогенную нагрузку в пределах водосборов данных рек, преимущественно в низовых участках.

Минимальные значения индекса оптимального функционирования наблюдаются в бассейнах малых рек степных ландшафтов равнин Зауралья (р. Джуса) и Урало-Илекского между-

речья (рр. Бердянка, Черная). На ухудшение функционального состояния исследуемых водотоков влияют не только низкие ранги природных характеристик, но и значительная антропогенная нагрузка в пределах водосборных территорий.

Выводы и обсуждение. Анализ особенностей функционирования малых рек в пределах степной зоны в условиях значительной трансформации природной среды и интегральная оценка ключевых водотоков подтверждают необходимость разработки предложений по регламентации антропогенного воздействия на водосборные территории рек местного стока. Несомненно, что подобные ограничения хозяйственной деятельности, в первую очередь, должны соблюдаться в пределах русловых и придолинных участков малых рек, для которых законодательно устанавливается специальный режим осуществления антропогенных преобразований.

В целом, основными задачами оптимизации степного природопользования и водопользования в аспекте бассейновой структуры регионов и эколого-гидрологической ситуации являются:

- анализ характерных особенностей водопользования в бассейнах малых рек, свойственных для степных регионов;
- оценка пространственного размещения важнейших групп сельскохозяйственных угодий, как фактора антропогенной трансформации условий стока;
- выявление наиболее типичных проблем природопользования в водоохранных зонах малых рек и их притоков.

Сложность оптимальной регламентации антропогенной нагрузки на экосистемы малых рек связана с тем что, для степных регионов характерна особая система природопользования, основанная на принципе максимально возможного освоения земель под сельскохозяйственное производство. Анализ пространственного размещения угодий и системы расселения позволяет сделать объективные выводы о существовании закономерностей, связанных с бассейновой структурой территории.

Сопоставление величины населенных пунктов (численность населения, административный статус, площадь) и величины водотоков, на которых они расположены, свидетельствует о прямой взаимосвязи этих параметров. Как правило, наиболее крупные населенные пункты (города, районные центры) располагаются на крупных и средних реках. В аспекте водосборов малых рек бассейна р. Урал расположение сельских населенных пунктов в основном имеет равномерный характер, позволяющий оптимизировать доступность (близость) осваиваемых угодий.

Тем не менее, снижающаяся динамика численности сельского населения отражается, в первую очередь, ввиду фактора удаленности от крупных административных центров и транспортных путей, и затрагивает небольшие сельские населенные пункты в пределах водосборов малых рек. Этот процесс в совокупности с чередующимися периодами негативной экономической ситуации определяет одну из основных тенденций современного степного природопользования – централизацию сельскохозяйственного производства. Следствиями этой тенденции в плане природопользования и формирования эколого-гидрологических условий являются: а) формирование массивов неиспользуемых (мало-, либо эпизодически используемых) сельскохозяйственных угодий; б) сокращение нагрузки на пастбищные угодья; в) снижение числа сопутствующих объектов сельскохозяйственной инфраструктуры (водопойные пруды, летние лагеря скота).

Работа выполнена в рамках государственного задания «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (АААА-А17-117012610022-5).

Литература

1. Водограцкий В.Е. Антропогенные изменения стока малых рек. Л. : Гидрометеиздат, 1990. 175 с.
2. Зоны и типы растительности России и сопредельных территорий. Карта масштаба 1:8 000 000 / отв. ред. Г.Н. Огуреева. М., 1999.
3. Тектоническая карта Урала. Масштаб 1:1 000 000 / гл. ред. И.Д. Соболев. Свердловск, 1983.
4. Sivokhip Zh.T., Pavleichik V.M., Chibilev A.A., Padalko Yu.A. Problems of dependable water use in the transboundary Ural River basin // Water Resources. 2017. V. 44, № 4, is. 4. P. 673–684.
5. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте (основы теории и логико-математические методы). М. : Мысль, 1975. 287 с.
6. Ясинский С.В. Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек // Известия АН. Серия Географическая. 2000. № 4. С. 74–82.
7. Щербинина С.В. Интегральные показатели в оценке комплекса природно-хозяйственных условий на речных водосборах // Вестник ВГУ. Серия: География, геоэкология. 2008. № 2. С. 39–46.
8. Чернышев А.В. Индекс благополучия водосборных бассейнов рек как интегральный показатель условий формирования гидрологического режима территории // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 5 (2). С. 244–249.
9. Гладкевич Г.И., Терский П.Н., Фролова Н.Л. Комплексная многофакторная оценка опасности наводнений в России // Ресурсы и качество вод суши: оценка, прогноз и управление. М. : ИВП РАН, 2011. С. 21–36.

DOI: 10.17223/978-5-94621-954-9-2020-87

РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ АЗИАТСКОЙ РОССИИ CURRENT STATE AND USE OF WATER RESOURCES TRANSBOUNDARY RIVER BASINS OF THE STEPPE ZONE OF EURASIA

Ж.Т. Сивохиц

Zh.T. Sivohip

Институт степи ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург

sivohip@mail.ru

В статье проведен анализ современного состояния водных ресурсов и их использования с учетом значительных межгодовых колебаний речного стока в пределах степной зоны. Рассмотрена пространственно-временная специфика водных ресурсов трансграничных бассейнов рр. Урал и Иртыш в пределах российско-казахстанского региона. Отмечена необходимость разработки межгосударственной программы по комплексному управлению водными ресурсами в российско-казахстанском трансграничном регионе, разработанные на основе бассейнового подхода.

The article analyzes the current state of water resources and their use, taking into account significant interannual fluctuations in river flow within the steppe zone. The spatial and temporal specifics of the water resources of the transboundary basins of the river Ural and Irtysh are considered within the Russian-Kazakhstan region. The necessity of developing interstate programs for integrated water resources management in the Russian-Kazakhstan transboundary region, developed on the basis of the basin approach, is noted.

Ключевые слова: трансграничный бассейн, водные ресурсы, степная зона, антропогенная нагрузка, комплексное управление.

Key words: transboundary basin, water resources, steppe zone, anthropogenic pressure, integrated management.

Пространственной спецификой степной зоны Азиатской России является пересечение степных ландшафтов российско-казахстанской государственной границей, протяженностью более 7,5 тыс. км, что обуславливает формирование полирегионального трансграничного пространства – 12 регионов в пределах Российской Федерации (РФ) и 7 – в Республике Казахстан (РК). Многие из регионов практически полностью расположены в степной зоне, прежде всего это относится к казахстанскому сектору (общая площадь степных ландшафтов – 677,9 тыс. км²), из