

УДК 911.2:551.48

О. В. ГАГАРИНОВА

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Представлены результаты ландшафтно-гидрологического исследования территории водосбора оз. Байкал. Выявлены основные закономерности формирования стока в разные фазы водности. Представлено зонирование территории в соответствии с интенсивностью водоотдачи ландшафтов, обоснованы и выделены районы формирования экстремальных гидрологических характеристик.

Ключевые слова: ландшафт, водоотдача, бассейн, гидрологические явления, районирование.

Presented are the results from a landscape-hydrological investigation into the Lake Baikal drainage area. The study revealed the main regularities of runoff formation during different hydraulicity phases. A zoning of the territory in accordance with the rate of water yield of landscapes is presented, and areas of formation of extreme hydrological characteristics are substantiated and identified.

Keywords: landscape, water yield, basin, hydrological phenomena, regionalization.

ВВЕДЕНИЕ

Ландшафтно-гидрологические закономерности формирования стока определяются наличием функционально обусловленных взаимосвязей между гидрологическими процессами и природными компонентами. Ландшафт в понимании геосистемы представляет собой пространственно локализованную территорию реализации сложившегося водного баланса. Он формируется под воздействием процессов атмосферной циркуляции на фоне зональных физико-географических особенностей в условиях сочетания местных орографических и гидрогеологических факторов, структуры почвенного и растительного покровов. Такие сочетания в интерпретации формирования конкретных гидрологических характеристик в природном комплексе с определенной структурой обуславливают гидрологические функции ландшафтов.

Ландшафтно-гидрологический анализ территории и поиск конкретных закономерностей формирования водного режима территории базируются на выявлении гидрологических свойств природных комплексов и определении способностей ландшафтов к трансформации атмосферного увлажнения в сток. В терминологии ландшафтно-гидрологического подхода в отношении функциональных свойств природных комплексов используются такие понятия как «стокоформирование», «стокорегулирование», «аккумуляция», «средообразование», «самовосстановление», которые характеризуют гидрологические функции ландшафтов. Особенность ландшафтов заключается в изменениях их гидрологических функций в зависимости от фаз водности, что обуславливает изменчивость пространственной дифференциации гидрологических характеристик по величине и характеру во внутригодовом разрезе.

Цель статьи — обобщение основных результатов исследования и представление ландшафтно-гидрологических закономерностей формирования стока на территории водосбора оз. Байкал.

ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ

Участки земной поверхности, в которых гидрологические процессы и природные структуры локально обладают причинно-следственными связями, представляют собой ландшафтно-гидрологические комплексы (ЛГК). Их выделение требует определения признака или совокупности признаков, отражающих связь и характер взаимодействия между гидрологическими процессами и природными компонентами. Выбор информативных признаков зависит от количественных показателей, пространственных границ (фашия, провинция, регион) и продолжительности существования во времени (годовые, многолетние, сезонные).

Региональная размерность исследуемой территории обуславливает масштаб ландшафтно-гидрологического анализа. В качестве уровня пространственного обобщения целесообразна размерность ландшафта, а для определения гидрологических функций, расчетов стоковых характеристик и анализа их пространственного распределения предпочтение отдано уровню групп фаций.

Основными критериями выделения ландшафтно-гидрологических комплексов в бассейне оз. Байкал выбраны климатические и орографические параметры с пространственной корректировкой на более низком иерархическом уровне с использованием типов ландшафтной классификации, представленных на карте «Ландшафты юга Восточной Сибири» [1]. В дополнение, на основании представлений о генетической общности гидрологических процессов, происходящих в ландшафтах с однотипным режимом увлажнения, определенными видами растительности и формами рельефа, более 200 видов ландшафтных фаций объединены в 16 типов ландшафтных комплексов (группы фаций), наиболее предпочтительных для проведения исследований. Условия обобщений зависят от целевой функции исследования и уровня масштабной проработки решаемых задач. С точки зрения оценки гидрологических процессов внимание акцентировано на элементах бассейновой структуры, таких как водораздел, склон и долина, ландшафтные гидрологические функции которых существенно различаются.

В ландшафтно-гидрологических исследованиях не ставится задача учесть наибольшее число природных факторов, оказывающих влияние на формирование речного стока территории. Преимущества данного подхода заключаются в использовании индикативных свойств ландшафтов. Исследования многих авторов, направленные на изучение гидрологического режима или оценку водного потенциала территории и основывающиеся на ландшафтной дифференциации поверхности, используют целый ряд физико-географических параметров, начиная от геологического строения, среднего уклона водосбора, густоты речной сети и заканчивая процентным соотношением лесистости, заболоченности и т. д. Такая методика, особенно при наличии крупномасштабных карт и рядов гидрометрических наблюдений, несомненно, дает положительный результат при оценке водно-ресурсного потенциала территории [2, 3].

В нашем случае ландшафт рассматривается как участок земной поверхности, обладающий характерным водным балансом, сложившимся в результате сочетания определенных типов и видов растительности и почв, с соответствующей литологией, экспозицией, крутизной, высотой над уровнем моря и т. д., и комплексно индицирует все упомянутые выше факторы, в том числе зональные и аazonальные [4, 5].

Особенности формирования стока в ландшафтном комплексе заключаются в определенных количественных и качественных характеристиках воды, поступающей в водные объекты. Величины стока с ландшафтных комплексов определяются на основе аддитивной модели формирования стока. В результате решения обратной задачи (выявление связи величины расхода воды в замыкающем створе водосбора со стоком с ландшафтных ареалов, занимающих его площадь) рассчитываются неизвестные ранее величины стока с ландшафтных комплексов территории. Погрешности расчетов формируются за счет неточностей, допускаемых при оценке площадей ландшафтов, что обусловлено мелкомасштабными картами, а также при осреднении стоковых величин и разложении расходов в замыкающем створе на сток с отдельных ландшафтов. Результирующая ошибка достигает 30–40 %, что можно считать допустимым при решении задач обзорного оценочного характера.

Оценка гидрологических параметров ландшафтов бассейна оз. Байкал проводилась на основании материалов гидрометрических наблюдений Росгидромета по малым и средним рекам [6, 7] и ГИС «Ландшафтно-типологическая структура Байкальской природной территории» [8]. Для всей территории были использованы среднемноголетние данные по стоку в различные гидрологические периоды.

Водосбор оз. Байкал охватывает различные ландшафтные зоны и высотные пояса, что обуславливает большую контрастность величин стока. Преобладающая растительность территории — горнотаетжные темно- и светлохвойные леса с моховым и травяным напочвенным покровом на склонах различной крутизны. Также здесь представлены гольцовые комплексы в высокогорном поясе и степные и лугово-болотные сообщества на равнинах и низменностях. Модули стока для лесопокрываемых и лугово-степных ландшафтов значительно различаются. Наиболее ярко контрастность величин стока проявляется в периоды максимального увлажнения, при том что в меженные периоды и на уровне среднемноголетних обобщений гидрологический режим ландшафтов территории относительно сглаженный (см. таблицу).

Характеристики стока с ландшафтов бассейна оз. Байкал

Сток, л/(с·км ²)	Ландшафты															бо- лота, луга
	гольцовые; подгольцовые			горнотаежные темнохвойные			горнотаежные светлохвойные			южносибирские светлохвойные			степные, лесостепные			
	доли- на	рав- нина	склон	доли- на	рав- нина	склон	доли- на	рав- нина	склон	доли- на	рав- нина	склон	доли- на	рав- нина	склон	
Средний годовой	12,0	3,5	2,0	6,0	7,5	5,0	9,5	4,0	1,5	5,0	0,2	0,1	0,1	2,0	0,1	0,1
Минималь- ный летний	5,0	6,5	6,0	4,0	1,5	3,5	5,5	0,5	1,0	4,0	0,2	0,3	0,3	0	0	0
Половодье среднее	35	40	145	185	160	115	65	45	25	0	30	0	0	0	0	0,2
Паводок средний	145	10	90	45	50	135	35	105	20	15	0	25	15	20	20	0,1

Наиболее высокую роль в стокоформировании территории играют гольцовые и горнотаежные темнохвойные ландшафты. Гольцовые и подгольцовые комплексы на крутых склонах с разреженной растительностью и низкими фильтрационными свойствами почвенного покрова характеризуются высоким увлажнением и интенсивным стоком. Здесь формируются основные объемы паводков. Темнохвойные ландшафты, занимающие ложбины первичного стока, межгорные впадины, долины и склоны горных рек, отличаются высокой влажностью за счет сочетания эффекта поясности, низкого испарения и подтока воды с вышележащих склонов. Водоотдача с территорий, занятых данными ландшафтами, достигает 140–150 л/(с·км²) в период паводков и 160–190 л/(с·км²) в половодье, становясь причиной формирования экстремальных гидрологических явлений.

Особенности формирования минимального летнего стока в гольцовых и горнотаежных темнохвойных ландшафтах заключаются в первом случае в высотной поясности, а во втором — в значительной влагоемкости напочвенного покрова (физические свойства почвогрунтов и моховой подстилки). Это территория формирования местной гидрографической сети. Высокий модуль минимального летнего стока обеспечивает питание рек в маловодные периоды и поддерживает водно-экологический потенциал.

Широко представленные на водосборе горнотаежные лиственничные ландшафты отличаются большой контрастностью стока, обеспечивая значительную водоотдачу в половодье и паводок на пониженных и равнинных территориях (60–100 л/(с·км²)), в то время как на склонах сток значительно ниже (20–25 л/(с·км²)). Подобная структура стокоформирования характерна и для меженных периодов, когда пониженные формы рельефа, занятые природными комплексами с преобладанием в древостое лиственницы, отдают до 5 л/(с·км²), а равнинные и склоновые местоположения не более 1 л/(с·км²). Такая картина складывается главным образом из-за условий быстрой трансформации ландшафтами поступающих осадков в сток дренирующих водотоков. Основные факторы такого гидрологического режима — это маломощный почвенный покров, не дающий возможность аккумулировать значительное количество воды для последующей водоотдачи, и широкое распространение каменистых и скальных участков, не препятствующих стеканию дождевых вод.

Анализ гидрологических функций южносибирских светлохвойных ландшафтов, представленных сосновыми и лиственнично-сосновыми комплексами показывает их участие в формировании талого стока (30 л/(с·км²)). Доля стока с данных ландшафтов в дождевые паводки невелика (15–25 л/(с·км²)), что можно объяснить высокими фильтрационными свойствами подстилающих почвогрунтов. Это территории, характеризующиеся хорошим водообменом с грунтовыми и подземными горизонтами и в значительной степени регулирующие основные объемы стока половодья и паводков.

Лесостепные и степные ландшафты бассейна оз. Байкал принимают участие в формировании паводочного стока на уровне, сопоставимом со светлохвойными ландшафтами, и характеризуются практическим отсутствием стока в другие фазы (0–0,3 л/(с·км²)). Широкое распространение данных ландшафтов в бассейне озера обусловлено наличием районов с малым количеством атмосферных осадков, формирование стока в которых практически не происходит.

Лугово-болотные равнинные и долинные ландшафты, а также верховые и переходные болота характеризуются очень низким стоком на протяжении всех гидрологических периодов. Основная роль данных ландшафтов — аккумуляционная. При незначительных уклонах поверхности ощутимая водоотдача возможна с них лишь в сезоны экстремально высокого увлажнения.

РАЙОНИРОВАНИЕ ВОДОСБОРА ОЗЕРА БАЙКАЛ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА

Величины стока с ландшафтов, полученные расчетным путем, легли в основу пространственной дифференциации стокоформирующего потенциала территории. Для каждого периода увлажнения осуществлено ее ландшафтно-гидрологическое зонирование, которое выявило области, ответственные за формирование экстремально высоких и аномально низких гидрологических характеристик, определило районы, наиболее важные для поддержания водно-экологических условий на водосборе.

Преимущественные территории повышенного стока во все фазы водности приурочены к горным системам и хребтам. Можно выделить три основных района, отличающиеся формированием частых и высоких наводнений, — это Байкальский хребет (район I) на северо-восточной оконечности озера; Баргузинский хребет (район II), расположенный в восточной части водосбора, и хр. Хамар-Дабан (район III), охватывающий юго-западное побережье Байкала (рис. 1). Основные параметры, обуславливающие экстремальные гидрологические явления на этих территориях, заключаются в сочетании особенностей рельефа и структуры растительных сообществ на фоне местных климатических эффектов.

В масштабах всего бассейна наибольшую опасность имеют пики паводочного стока, отличающиеся высокой повторяемостью и широким распространением по водосбору. Большие паводки формируются в северной и юго-западной частях бассейна Байкала, на участках Приморского, Байкальского хребтов и Хамар-Дабана (рис. 2). Единичные значительные паводки отмечаются на юге в горных районах водосбора р. Селенги — главного притока оз. Байкал.

Вероятность сильных весенних наводнений наиболее высока в районах Байкальского хребта и Хамар-Дабана (рис. 3). Экстремальные наводнения, формирующиеся на северном склоне Хамар-Дабана, представляют серьезную опасность для населенных пунктов и хозяйственных предприятий района.

Минимальные величины стока отмечаются в центральной части бассейна р. Селенги (район IV) и районов Приольхонья (см. рис. 1). Это значительная часть водосбора озера, характеризующаяся пониженным стоком в условиях минимального количества атмосферных осадков и в связи с этим

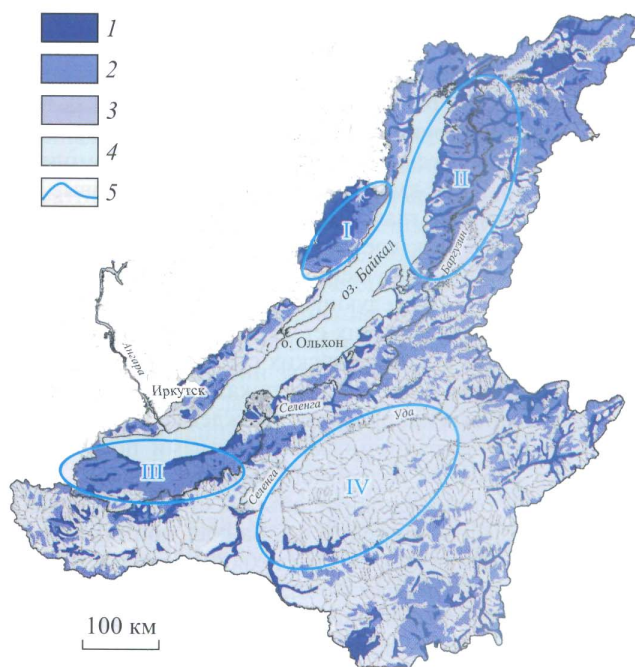


Рис. 1. Распределение среднемноголетнего стока.

Модули стока, л/(с·км²): 1 — 6–12; 2 — 3–6; 3 — <3. 4 — границы районов формирования повышенного (I, II, III) и пониженного (IV) стока.

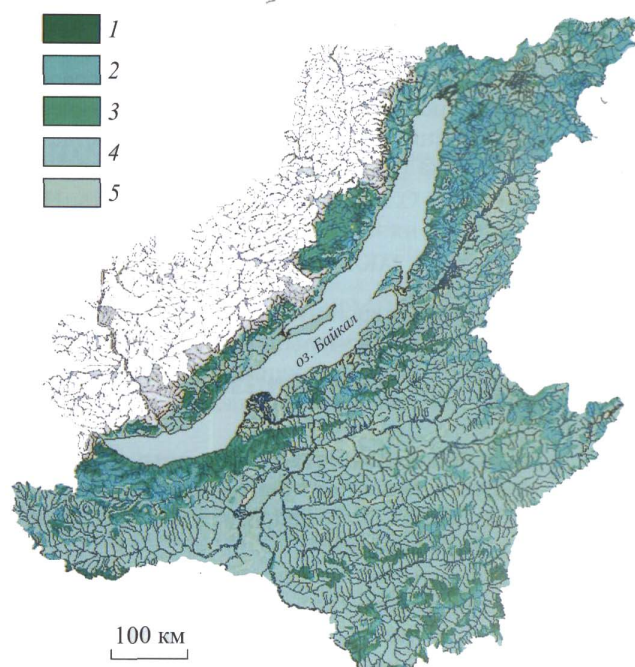


Рис. 2. Распределение стока паводка.

Модули стока, л/(с·км²): 1 — 120–160; 2 — 80–110; 3 — 25–65; 4 — 15–25; 5 — <3.

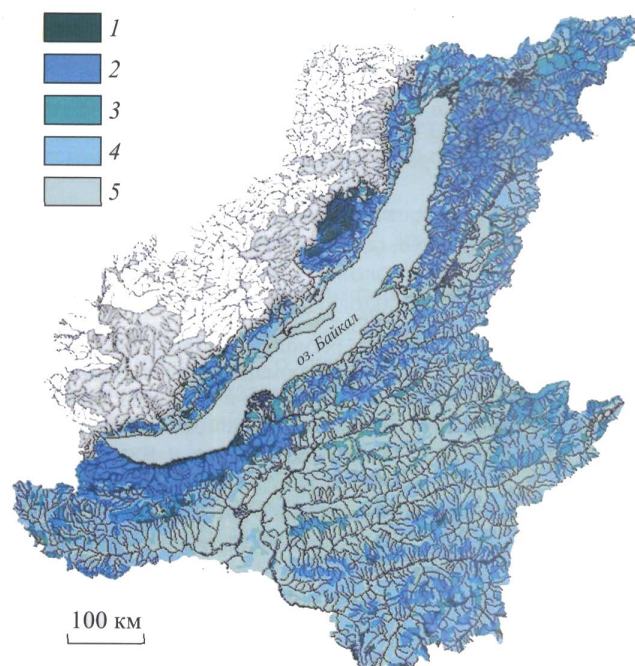


Рис. 3. Распределение стока половодья.

Модули стока, л/(с·км²): 1 — 170–190; 2 — 100–145; 3 — 40–70; 4 — 25–40; 5 — <10.

напряженной водно-экологической ситуацией. Степная и лесостепная растительность на равнинах и пологих склонах даже в периоды выпадения дождей не обладает достаточными емкостными свойствами, позволяющими удерживать влагу в ландшафте. Для территории свойственно быстрое стекание дождевых вод (дополнительно высокое испарение), при этом гидрологические функции ландшафтов не обеспечивают процесс аккумуляции влаги с последующей водоотдачей и питанием подземных горизонтов. Пониженные величины стока (за исключением транзитного) представляют собой лимитирующий фактор развития территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ ландшафтно-гидрологических закономерностей формирования стока позволяет сделать определенные выводы относительно водного потенциала территории. Сочетание индивидуальных свойств природных комплексов и климатической обусловленности режима увлажнения обеспечивают динамику и пространственную упорядоченность гидрологических характеристик территории.

Региональная размерность исследуемого объекта и выбранный масштаб проработки определяют обобщенный (рамочный) характер полученных результатов. Несмотря на это, районирование территории показало проблемные зоны и участки, требующие крупномасштабной проработки, наметило основные направления дальнейших исследований.

Определение ландшафтно-гидрологической организации территории представляет обоснованную базу для решения задач на любом иерархическом уровне. Это и оценка водно-экологических особенностей территории на этапе исследования конкретных ландшафтов, и определение функциональных гидрологических изменений на основании преобразований природных комплексов, и решение задач экологически обоснованного планирования территории по водному фактору.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михеев В. С., Ряшин В. А. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта м-ба 1:1 500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
2. Цимбалей Ю. М., Ротанова И. Н. Ландшафтно-экологические факторы формирования вод в Обском бассейне // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Материалы третьей Всерос. науч. конференции. — Барнаул: АРТ, 2010. — С. 470–475.
3. Субботин А. И., Змиева Е. С., Нежевенко В. П., Мамай И. И. Ландшафтно-гидрологический принцип изучения стока // Ландшафтный сборник. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. — С. 175–189.
4. Федоров В. Н. Ландшафтная индикация речного стока. — Иркутск; М: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2007. — 175 с.
5. Карпечко Ю. В., Бондарик Н. Л. Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таежной зоне Европейского Севера России. — Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра РАН, 2010. — 223 с.
6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1, вып. 14: Бассейн Байкала / Под ред. Т. С. Шмидта. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 361 с.
7. Многолетние данные о режиме рек Арктического региона. — <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu>
8. Сороковой А. А. Создание базы данных для геоинформационной системы «Ландшафтно-типологическая структура Байкальской природной территории» // Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее: Материалы XVII науч. конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2011. — С. 228–229.

Поступила в редакцию 19 октября 2011 г.