

ТИПИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЧНОГО СТОКА В АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ СТРАНЕ

Постановка задачи

Рассматриваемая в настоящей работе территория Алтае-Саянской горной страны расположена между 50 и 56° с.ш. и 83 и 100° в.д. и представляет собой часть мирового водораздела между гумидной областью Северного Ледовитого океана и аридной бессточной областью Центральной Азии. Она включает в себя горные системы Алтая и Саян, Салаирский кряж, Кузнецкий Алатау, горы Тувы. Преобладающие высоты хребтов горных систем составляют 2000-2500 м, достигая на Алтае 3500-4500 м.

Свое начало в Алтае-Саянской горной стране берут такие крупные сибирские реки, как Обь и Енисей, имеющие здесь множество притоков. Водность последних значительно различается в пределах страны в связи с разнообразием условий формирования стоков. У всех рек страны наибольшие стоки наблюдаются в теплый период года. Режим стоков зависит весной от таяния снегов, а в летне-осенний период – от количества выпадающих осадков. При наличии в речных бассейнах ледников сток зависит еще и от интенсивности их таяния.

Согласно прогнозам к 2020-2025 годам практически все доступные водные ресурсы в мире будут использоваться человеком [1]. Растущие потребности сельского хозяйства в орошении, питьевое водоснабжение населения, развитие горнодобывающей промышленности в Рудном Алтае, нуждающейся в энергетическом потенциале горных рек, идущее рекреационное освоение Горного Алтая обуславливают все возрастающее значение водных ресурсов Алтае-Саянской горной страны. Важнейшей составляющей этих ресурсов являются поверхностные пресные воды и их качество, в том числе гидрологический и гидрохимический стоки рек.

Разнообразие природно-климатических условий Алтае-Саянской горной страны обуславливают различие не только ландшафтов в бассейнах рек, но и гидрологического и гидрохимического стоков. К формирующим ландшафтную структуру бассейнов природным условиям можно отнести геологическое строение, орографическую и климатическую неоднородность территории, высотную поясность почв и растительности. Очевидно, аналогичные факторы определяют и водные ресурсы территории. При этом оценка влияния каждого из факторов на формирование как ландшафтов, так и водных ресурсов затруднительна, поскольку их воздействие всегда комплексно.

В связи с изложенным для комплексного анализа формирования гидрологического и гидрохимического стоков нами используется ландшафтный подход. Последний позволяет разделить все факторы на пространственно различные группы, отвечающие той или иной группе ландшафтов (геоси-

Кирста Ю.Б.,
доктор биологических наук,
Лубенец Л.Ф.,
кандидат географических наук,
Черных Д.В.,
кандидат географических наук,
Институт водных и
экологических проблем СО
РАН,
г. Барнаул, Россия

УДК: 550.42:57.01:551.5

Выполнена типизация ландшафтов Алтае-Саянской горной страны с выделением 12 групп геосистем. Проанализированы представленность данных групп и вариации их характеристик в пределах 33 модельных речных бассейнов. Дана оценка средних высот выделенных групп геосистем и их относительного вклада в площадь бассейнов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
типизация ландшафтов, геосистема, речной сток, Алтае-Саянская горная страна

стем). Тем самым совокупное влияние природных условий на стоки можно будет учитывать опосредованно через ландшафтную структуру бассейнов рек. Подобным разделением условий среды, но уже по вертикали, является, например, выделение быстрого дождевого, поверхностного и подземного стоков [2]. Ландшафтный подход позволит избежать подробного анализа множества отдельных значимых природных факторов и сделает возможным в принципе комплексный анализ формирования стоков. Целесообразность данного подхода также обусловлена отсутствием достаточного количества экспериментальных данных (в данном случае – по Алтае-Саянской горной стране), необходимых для подробного анализа воздействующих на стоки факторов.

В нашей стране много десятилетий назад обоснованы и успешно развиваются идеи по исследованию формирования стока на ландшафтной основе. Эти идеи отражены в работах В.Г. Глушкова [3], М.А. Великанова [4], Д.Л. Соколовского [5], А.И. Субботина и др. [6, 7], А.Н. Антипова и Л.М. Корытного [8], А.Н. Антипова и В.Н. Федорова [9], Ю.Б. Виноградова [10] и др. В качестве связующего звена между гидрологическими и ландшафтными исследованиями рассматривается гидрология ландшафтов.

Согласно Ю.Б. Виноградову [10], гидрология ландшафтов занимается изучением закономерностей географического распределения характеристик, определяющих гидрологический режим территории, или, иными словами, параметров моделей формирования стока. В качестве частных задач гидрологии ландшафтов следует указать выделение, типизацию и картографирование стокоформирующих комплексов для различных природных зон, то есть увязку качественных рассуждений с численными показателями. Все это изначально предполагал и основоположник комплексной гидрологии и географо-гидрологического метода исследований В.Г. Глушков.

Таким образом, нашей задачей является анализ и обобщение ландшафтов в бассейнах горных рек различного порядка для отражения отдельных территориальных совокупностей природных факторов, влияющих на сток этих рек. Задача включает: а – выбор уровня типизации ландшафтов, который с

одной стороны определяется размерами модельных бассейнов, а с другой – должен быть применим для оценок гидрологического и гидрохимического стоков рек; б – выделение и характеристика типизированных групп ландшафтов; в – анализ вариаций характеристик этих групп в пределах бассейнов. Число последних должно быть достаточным для получения статистически достоверных результатов. Для оценки роли отдельных групп ландшафтов в формировании водных ресурсов должны использоваться, наравне с другими факторами, относительные вклады этих групп в общую площадь бассейнов.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ

Внутриконтинентальное положение Алтае-Саянской горной страны по широте отвечает степной и лесостепной зонам. В целом изменение ее ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности составляет порядка 30 % [11]. Значительная протяженность территории страны и разнообразие природно-климатических факторов обусловили ее сложную ландшафтную структуру – от полупустынь, степей и лесов до лишайниковых тундр и ледников.

В настоящем исследовании ландшафтные особенности речных бассейнов Алтае-Саянской горной страны определялись на основе карты «Ландшафты Алтая (Алтайский край и Республика Алтай)», подготовленной Д.В. Черных и Г.С. Самойловой [12], и фондовых материалов лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования ИВЭП СО РАН (масштаб 1:500000). Эти материалы позволили создать все необходимые ГИС-версии карт. Поскольку ландшафтные контуры были выделены на картографической основе масштаба 1:500000, то идентификация границ модельных бассейнов, как и расчет средних высот бассейнов и групп геосистем внутри них, осуществлялись на топографической основе масштаба 1:200000. На рис. 1 приведена схема применения ГИС-инструментария для расчета статистических характеристик ландшафтной структуры речных бассейнов. Для обработки информации использовался ряд статистических методов и вычислительных технологий, в том числе средства ГИС ArcGis 9.1.



Рис. 1. Схема обработки данных при анализе ландшафтной структуры речных бассейнов средствами ГИС

Для таких крупных и разнородных в ландшафтном отношении регионов, как Алтай-Саянская горная страна статистическая надежность оценок достигается при достаточно большом объеме выборок (большом числе модельных речных бассейнов). Исходя из этого, было выбрано 33 речных бассейна (табл. 1). При этом допускалось, что часть бассей-

на может выходить за границы собственно горной страны. Дополнительными критериями отбора бассейнов было отсутствие в их пределах значительной антропогенной нагрузки на территорию и проведение систематических наблюдений гидрологического и гидрохимического стоков на их замыкающих стоках.

Таблица 1

Ландшафтная основа модельных речных бассейнов Алтай-Саянской горной страны

№ п/п	Речной бассейн и его замыкающий створ	Высота замыкающего створа, м н.у.м.	Средняя высота бассейна, м н.у.м.	Группы ландшафтов
1	р. Алчедат, с. Троицкое	199	261	6, 8, 11
2	р. Амзас, п. Амзас	399	526	4, 6
3	р. Ануй, свх. Ануйский	195	779	2, 4, 5, 6, 8, 10, 11
4	р. Барзас, пгт. Барзас	191	264	4, 6, 7, 10, 12
5	р. Бачат, пгт. Бачаты	230	361	6, 8, 10
6	р. Бердь, г. Искитим	122	292	4, 6, 8, 10, 11
7	р. Бердь, пгт. Маслянино	188	335	4, 8, 10, 11
8	р. Большая Терехта, с. Терехта	1126	1904	2, 4, 5, 7, 9, 10
9	р. Верхняя Терсь, с. Осиновое Плесо	188	572	2, 4, 6, 10, 11
10	р. Иня, с. Кусмень	188	256	6, 7, 8, 10
11	р. Каменка, с. Советское	200	483	4, 6, 8, 10, 11
12	р. Касьма, с. Красное	210	335	6, 7
13	р. Кагунь, с. Тюнгур	857	1681	1, 2, 4, 5, 7, 9, 10
14	р. Кия, пгт. Макарацкий	250	656	2, 4, 6, 10
15	р. Кондома, г. Осинники	214	500	2, 4, 6, 10, 11, 12
16	р. Кондома, п. Таштагол	456	668	4, 10
17	р. Мрас-Су, г. Мыски	239	675	2, 4, 6, 10, 11, 12
18	р. Мундыбаш, пгт. Мундыбаш	333	518	2, 4, 6, 10
19	р. Песчаная, с. Точильное	198	899	2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11
20	р. Сема, с. Шебалино	876	1381	2, 4, 5, 10
21	р. Серта, с. Усть-Колба	187	273	4, 8, 11, 12
22	р. Средняя Терсь, п. Мутное	239	682	2, 4, 6, 10
23	р. Тайдон, п. Медвежка	181	505	2, 4, 6, 10, 11, 12
24	р. Тогул, с. Тогул	194	342	4, 8, 11
25	р. Томь, п. Теба	336	865	2, 4, 10
26	р. Тутуяс, п. Тутуяс	248	399	2, 4, 10
27	р. Урюп, с. Изындаево	244	543	2, 4, 6, 9, 10
28	р. Уса, г. Междуречинск	264	802	2, 4, 6, 10
29	р. Ускат, с. Красулино	194	300	6, 8, 10
30	р. Чарыш, свх. Чарышский	149	747	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, озера
31	р. Чулышман, с. Балыкча	460	1968	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, озера
32	р. Шипуниха, с. Ургун	147	250	4, 8, 11
33	р. Яя, пгт. Яя	145	247	4, 6, 7, 8, 10, 11, 12

Результаты и обсуждение

Исходя из постановки задачи, уровень типизации ландшафтов должен удовлетворять определенным критериям. Применительно к крупным и разнородным в ландшафтном отношении регионам – таким, как Алтай-Саянская горная страна, эти критерии должны отражать наиболее общие особенности и условия формирования стока в каждой группе ландшафтов. Таковыми, на наш взгляд, являются:

- общие для группы особенности климата (режим поступления осадков и термический режим);

- орографические и литологические особенности, влияющие на сток;

- характер и интенсивность биогеохимического круговорота веществ.

По указанным критериям все многообразие ландшафтов модельных бассейнов было объединено в 12 групп ландшафтов (табл. 2). В качестве самостоятельной была также выделена группа аквальных ландшафтов, включающая акватории крупных озер.

Таблица 2

**Средняя высота и относительная площадь групп ландшафтов (геосистем) в речных бассейнах
Алтай-Саянской горной страны**

Группа ландшафтов	Средняя высота, м н.у.м.	Стандартное отклонение ¹ для высот, м н.у.м.	Средняя относительная площадь, % ²	Стандартное отклонение ¹ для площадей, % ²
1. Гляциально-нивальные высокогорья с ледниками, многолетними снежниками, фрагментарным растительным покровом из лишайниковых тундр	2448	-	1,2	-
2. Гольцово-альпинотипные высокогорья и среднегорья, псевдогольцовые низкогорья с сочетанием альпийских и субальпийских лугов и различных вариантов тундр (моховых, травянистых, кустарничковых, кустарниковых)	1446	436	9,5	1,16
3. Тундрово-степные и криофитно-степные высокогорья в условиях экстроконтинентального климата	2329	-	0,4	-
4. Лесные высокогорья, среднегорья и низкогорья (горно-таежные, чернево-таежные, подтаежные)	742	434	44,1	1,68
5. Экспозиционно-лесостепные и степные высокогорья и среднегорья	1213	149	1,8	0,22
6. Лесостепные, степные низкогорья и предгорья	415	124	15,9	1,01
7. Межгорные котловины с различными вариантами степей и лесостепей	720	528	5,2	1,60
8. Степные и лесостепные подгорные и возвышенные аккумулятивные равнины	268	32	8,8	0,74
9. Недренлируемые слабопроточные интразональные и интрапоясные (травяно-болотные, мохово-болотные, галогидроморфные, в том числе межгорных котловин и горных долин)	1501	540	1,3	0,28
10. Долины горных рек	563	420	9,0	0,37
11. Долины равнинных рек	229	41	2,0	0,18
12. Лесные возвышенные и подгорные равнины	263	52	0,7	0,21
13. Аквальные ландшафты	1400	-	0,03	-

¹Рассчитывались при объеме выборок более 2 для каждой группы ландшафтов.

²В процентах от общей площади речных бассейнов.

В табл. 2 приведены результаты статистической оценки выделенных групп ландшафтов для выбранных 33 речных бассейнов (см. табл. 1). Обращает на себя внимание относительно низкая средняя высота гляциально-нивальных ландшафтов, близкая высоте снеговой границы в наиболее гумидных районах Алтая. Такая ситуация обусловлена следующими причинами. Во-первых, при статистической обработке рассматривались не все гляциально-ниральные ландшафты, а лишь представленные в модельных бассейнах. Во-вторых, в расчетах учитывались языки ледников и небольшие реликтовые леднички, в настоящее время расположенные ниже климатически обусловленной снеговой границы. Следует отметить, что поскольку используемая выборка бассейнов достаточно велика, данные табл. 2 в основном будут близки к средним характеристикам по всей Алтае-Саянской горной стране.

В наглядной форме данные табл. 2 представлены на рис. 2. Из рисунка видно, что чуть менее половины площади Алтае-Саянской горной страны занимают горнолесные ландшафты. При этом ее характерной особенностью с гидрологических позиций является высокое разнообразие ландшафтов, что характеризует страну как чрезвычайно неоднородную по условиям формирования стока. Ландшафтное разнообразие дополняется и значительной контрастностью природных условий. При этом контрастность проявляется как на региональном уровне, когда резко различаются условия формирования стока отдельных провинций, так и на ландшафтном уровне. В последнем случае нередко наблюдается близкое соседство резко контрастных сред, что нельзя не учитывать при оценках стока. В свою очередь, расчеты средней высоты уреза воды (по топографической основе масштаба 1:200000) в рассмотренных речных бассейнах показали, что она составляет в среднем 530 м над уровнем моря. Именно эта высо-

та характеризует средний уровень перехода рассредоточенного стока в русловую.

В качестве одной из важнейших ландшафтно-гидрологических характеристик, показывающих связь между ландшафтной структурой и речной сетью, можно рассматривать разность между средней высотой бассейна и средней высотой уреза воды реки. Эта характеристика близка по смыслу известному показателю глубины расчленения рельефа. Для большинства бассейнов рассматриваемой территории она не превышает 100 м и достигает значений более 200 м лишь для пяти бассейнов. При этом максимальные значения разности высот достигают 350 м и характерны для бассейнов рек, берущих начало в высокогорных хребтах.

Таким образом, создана ландшафтная основа, позволяющая провести комплексный анализ условий формирования гидрологического и гидрохимического стоков горных рек. Представленная типизация ландшафтов легко совмещается с любой базой данных по сезонным и многолетним вариациям гидрологического и гидрохимического стоков в замыкающих бассейнах створах. Подобное совмещение может позволить, например, выделить составляющих гидрографа методом системно-аналитического моделирования [13, 14] по аналогии с экспертно-аналитическим методом Tardy [2].

Выводы

Выполнена типизация ландшафтных выделов для речных бассейнов Алтае-Саянской горной страны, отражающая условия и особенности формирования гидрологического и гидрохимического речных стоков, в том числе высотно-поясную и структурно-ярусную неоднородность территории.

Выделено 12 типологических групп геосистем. Охарактеризованы их высотная принадлежность и относительный вклад в общую площадь речных бассейнов.

В ландшафтно-гидрологическом отношении Алтае-Саянскую горную страну можно охарактеризовать как территорию, контрастную в типологическом и высотном отношении с доминированием средне- и низкогорных лесных ландшафтов.

Разность между средней высотой бассейна и средней высотой уреза воды реки, характеризующая глубину расчленения рельефа, для большинства бассейнов анализируемой территории не превышает 100 м, и лишь в отдельных случаях достигает 200-350 м.

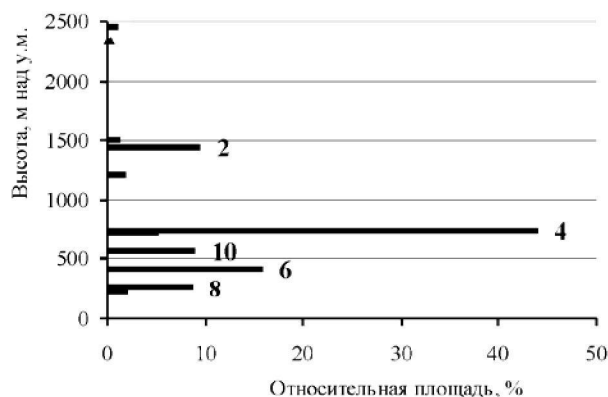


Рис. 2. Средние высота и доля занимаемых площадей для групп ландшафтов (табл. 2) Алтае-Саянской горной страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов-Данильян В.И. Глобальный дефицит пресной воды // Международная жизнь. 2008. № 8/9. С. 154-160.
2. Tardy Y., Bustillo V., Boeglin J.-L. Geochemistry applied to the watershed survey: hydrograph separation, erosion and soil dynamics: A case study: the basin of the Niger River, Africa // Applied Geochemistry. 2004. Vol. 19. P. 469-518.
3. Глушков В.Г. Географо-гидрологический метод // Изв. ГГИ. 1933. № 57-58. С. 5-9.
4. Великанов М.А. Гидрология суши. Л.: Гидрометеоздат, 1964. 403 с.
5. Соколовский Д.Л. Речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1959. 527 с.
6. Субботин А.И. и др. Ландшафтно-гидрологический принцип изучения стока // Ландшафтный сборник. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 175-189.
7. Субботин А.И. О ландшафтном направлении в гидрологии // Водные ресурсы. 1983. № 6. С. 42-51.
8. Антипов А.Н., Корытный Л.М. Географические аспекты гидрологических исследований (на примере речных систем Южно-Минусинской котловины). Новосибирск: Наука, 1981. 176 с.
9. Антипов А.Н., Федоров В.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 254 с.
10. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 312 с.
11. Сохранение биологического разнообразия в России: выполнение Россией обязательств по Конвенции о биологическом разнообразии. М: Центр охраны дикой природы СоЭС, 1997. 170 с.
12. Черных Д.В., Самойлова Г.С. Ландшафты Алтая (Алтайский край и Республика Алтай). Карта. Новосибирск: ФГУП Новосибирская картографическая фабрика, 2011 (в печати).
13. Kirsta Yu.B. System-analytical modelling – Part I: General principles and theoretically best accuracies of ecological models. Soil-moisture exchange in agroecosystems // Ecol. Modelling. 2006. Vol. 191. P. 315-330.
14. Кирста Ю.Б., Кирста Б.Ю. Информационно-физический закон построения эволюционных систем. Системно-аналитическое моделирование экосистем: монография. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2009. 270 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



КИРСТА Юрий Богданович, доктор биологических наук, профессор.

Институт водных и экологических проблем СО РАН

Адрес: 656038 г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

Тел.: (3852) 666457 (р.)

E-mail: kirsta@iwep.asu.ru



ЛУБЕНЕЦ Лилия Федоровна (предпочтительнее вести переписку), кандидат географических наук

Институт водных и экологических проблем СО РАН

Адрес: 656038 г. Барнаул, ул. Молодежная, 1

Тел.: 8 (3852) 666-458 (р.), 8-913-65-54 (м.)

E-mail: lilia_lubenets@mail.ru



ЧЕРНЫХ Дмитрий Владимирович, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник Лаборатории ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования ИВЭП СО РАН.

Адрес: 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1.

Тел.: 8 (3852) 666-458 (р.), (3852)266175 (м.)

E-mail: cher@iwep.asu.ru