

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 911.52:556.314:910.25

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-1(70-78)

В.П. ПЕТРИЩЕВ*, ******, **Ж.Т. СИВОХИП***, **А.А. ЧИБИЛЁВ***

*Институт степи УрО РАН, 460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11, Россия, orensteppe@mail.ru

**Оренбургский государственный университет,
460018, Оренбург, пр. Победы, 13, Россия, wadpetr@mail.ru

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РОДНИКОВОГО СТОКА В ЗАВОЛЖСКО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Рассматриваются условия формирования родникового стока Заволжско-Уральского региона (в границах Оренбургской области). Обобщаются данные по гидрохимическим параметрам более 3 тыс. родников в четырех гидрогеологических провинциях. Для формирования базы данных использованы возможности лицензионной версии ГИС MapInfo. Дан анализ специфики проявления различных факторов ландшафтной дифференциации в гидрохимических характеристиках выходов подземных вод. Для проведения данной оценки сопоставлялись общепризнанные физико-географические границы в пределах Оренбургской области и пространственная динамика основных параметров родниковых выходов — дебита, минерализации, высотного положения, соотношения катионов и анионов. Среди ведущих факторов формирования родникового стока выделены широтная зональность, геолого-геоморфологическая азональность и высотно-генетическая ярусность. Проводится сравнение характеристик родников лесостепной и степной зон Оренбургской области, а также параметров родников по высотно-генетическим ступеням ландшафтных областей Заволжья и Южного Урала. Проведен анализ факторов родникового стока по гидрогеологическим регионам и провинциям Заволжья и Южного Урала. Представлены положения концепции ландшафтогенеза родниковых геосистем. Для Заволжско-Уральского региона особенности территориального размещения гидрологических и гидрохимических аномалий родниковых вод обусловлены локальной дифференциацией природных факторов, таких как гранитоидные интрузии, соляная тектоника, песчаные массивы, красноцветные и известняковые толщи, мелкосопочники, сыртовый и предгорно-грядовый рельеф. Родниковые выходы подземных вод имеют индикационное и эталонное значение при оценке условий формирования стока, гидроморфных особенностей ландшафта, а также экологического состояния поверхностных вод в конкретном регионе.

Ключевые слова: модуль родникового стока, минерализация, водообильность, зональность, ярусность, кластерный анализ.

V.P. PETRISHCHEV*, ******, **Zh.T. SIVOKHIN***, **A.A. CHIBILEV****Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
460000, Orenburg, ul. Pionerskaya, 11, Russia, orensteppe@mail.ru

**Orenburg State University, 460018, Orenburg, pr. Pobedy, 13, Russia, wadpetr@mail.ru

GEOGRAPHICAL CONDITIONS FOR FORMATION OF SPRING FLOW IN THE TRANSVOLGA-URAL REGION

We examine the conditions for formation of spring flow of the Transvolga-Ural region (within Orenburg oblast). Material in this paper summarizes data on hydrochemical parameters of more than 3000 springs in four hydrogeological provinces. To generate the database used the capabilities of the licensed version of GIS MapInfo. An analysis is made of the specific features in the manifestation of different factors for landscape differentiation in hydrochemical characteristics of groundwater outlets. This assessment involved comparing the conventional physical-geographical boundaries within Orenburg oblast with the spatial dynamics of key parameters of spring outlets: output, mineralization, elevation and the ratio of cations to anions. Among the leading factors for formation of spring flow, we identified the latitudinal zonality, the geological-geomorphological azonality and the altitudinal-

genetic layering. A comparison is made of the characteristics of the pings in the forest-steppe and steppe zones of Orenburg oblast as well as of the parameters of the springs for the altitudinal-genetic stages of the landscape regions of Transvolga and South Ural. An analysis is made of the factors of spring flow for hydrogeological regions and provinces of Transvolga and Southern Ural. The statements of the concept of landscape genesis for spring geosystems are outlined. For the Transvolga-Ural region the characteristic features of the distribution of hydrological and hydrochemical anomalies of the spring waters are due to the local differentiation of natural factors, such as granitoid intrusions, salt tectonics, sand massifs, red and limestone layers, hummocky terrains, and syrt and piedmont-ridge relief. Spring outlets of groundwater have an indication and reference significance for assessing the flow formation conditions, the hydromorphic features in the landscape as well as in evaluating the ecological status of surface waters in a particular region.

Keywords: modulus of spring flow, mineralization, water abundance, zonality, layering, cluster analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Ландшафтные комплексы, ведущую роль в формировании которых играют естественные выходы подземных вод, — один из наиболее распространенных природных объектов гидроморфного происхождения. Факторы, влияющие на основные характеристики родниковых вод, связаны как с региональными особенностями геологического строения, так и с зональными гидроклиматическими условиями.

Проблема зональности грунтовых вод широко освещена отечественными учеными. Впервые о ней высказался В.В. Докучаев. Его идея в дальнейшем была развита в работах П.В. Отоцкого, В.С. Ильина, В.Л. Личкова, О.К. Ланге, И.В. Гармонова, Г.Н. Каменского, А.Н. Семихатова, В.И. Духаниной [1–3].

В настоящее время исследования родниковых вод, как в России [4–7], так и за рубежом [8–12], ведутся по различным направлениям, в целом отражающим региональный подход к оценке пространственно-временной динамики их свойств. Наряду с общерегиональным анализом, внимание исследователей уделяется особенностям формирования отдельных гидрогеологических комплексов, играющих значимую ландшафтно-геоморфологическую роль.

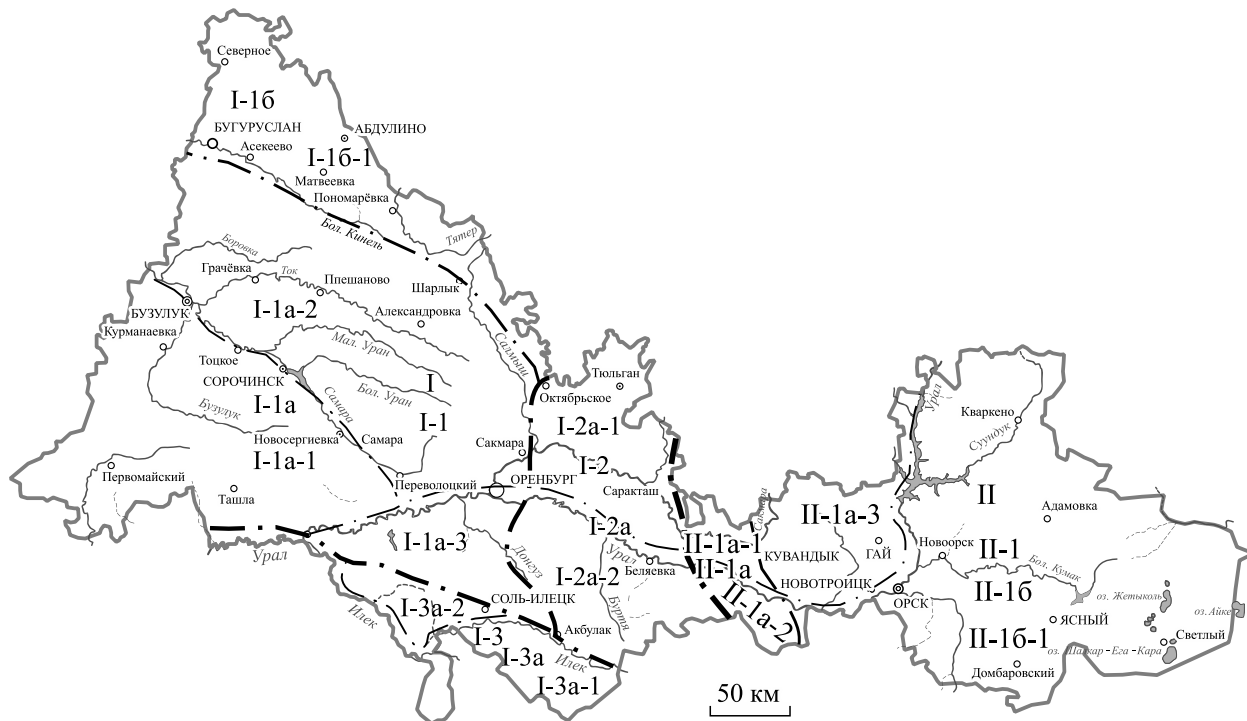


Рис. 1. Схема гидрогеологического районирования Оренбургской области, по [14].

Гидрогеологические регионы: I — Восточно-Европейский, II — Таймыро-Уральский. Гидрогеологические провинции: I-1 — Восточно-Русская, I-2 — Предуральская, I-3 — Прикаспийская, II-1 — Большеуральская. Гидрогеологические подпровинции: I-1a — Сыртовская, I-1б — Камско-Вятская, I-2a — Южно-Предуральская, I-3a — Эмбенская, II-1a — Западно-Уральская, II-1б — Уральская. Гидрогеологические области: I-1a-1 — Общесыртовская, I-1a-2 — Восточно-Сыртовская, I-1a-3 — Первомайская, I-1б-1 — Бугульминская, I-2a-1 — Белоуральская, I-2a-2 — Илекско-Уральская, I-3a-1 — Акбалагайская, I-3a-2 — Нижнеилекская, II-1a-1 — Зилаирская, II-1a-2 — Южно-Уральская, II-1a-3 — Ирндыкская, II-1б-1 — Восточно-Уральская.

Соотношение между региональными и зональными факторами отчетливо прослеживается при сопоставлении гидрогеологического, климатического и физико-географического районирования. К регионам, где данное соотношение носит достаточно сложный и противоречивый характер, относится Заволжско-Уральский регион [13]. Рассматриваемая территория приурочена к двум гидрогеологическим регионам: Восточно-Европейскому (I) и Таймырско-Уральскому (II) (рис. 1) [14].

В пределах Заволжско-Уральского региона проходят два крупных физико-географических рубежа (рис. 2). Первый — широтная граница между лесостепью (подзоной, переходной между лесными и степными ландшафтами) и степной зоной; второй — субмеридиональные границы (последовательно с запада на восток) Заволжско-Предуральской равнины, низкогорий Южного Урала и равнин Зауралья. Наряду с этим отмечаются выходы подземных вод, выделяющиеся на фоне остальных чрезвычайно высокой минерализацией, содержанием тяжелых металлов и радиоактивных элементов. Подобные выходы нами определены в качестве гидрохимических аномалий.

Гидрохимические аномалии родниковых вод Предуральской провинции обусловлены в основном соляными структурами и надсолевыми дислокациями Прикаспийско-Предуральского солянокупольного бассейна. Гидрохимические аномалии родников отражают особенности галогенно-сульфатного тектонического этажа и коррелируют с открытыми диапирами. В пределах карстовых полей Предуралья часто встречаются сероводородные аномалии, связанные с выходами на поверхность нижнепермских гипсов. В пределах гранитных интрузий в Большеуральской провинции нередки выходы радоновых вод, а также аномальные по содержанию тяжелых металлов родники, приуроченные к рудным телам месторождений [15, 16].

Цель работы — анализ специфики проявления различных факторов ландшафтной дифференциации в гидрохимических характеристиках выходов подземных вод. Для проведения данной оценки сопоставлялись общепризнанные физико-географические границы в пределах Оренбургской области и пространственная динамика основных параметров родниковых выходов — дебита, минерализации, высотного положения, соотношения катионов и анионов.

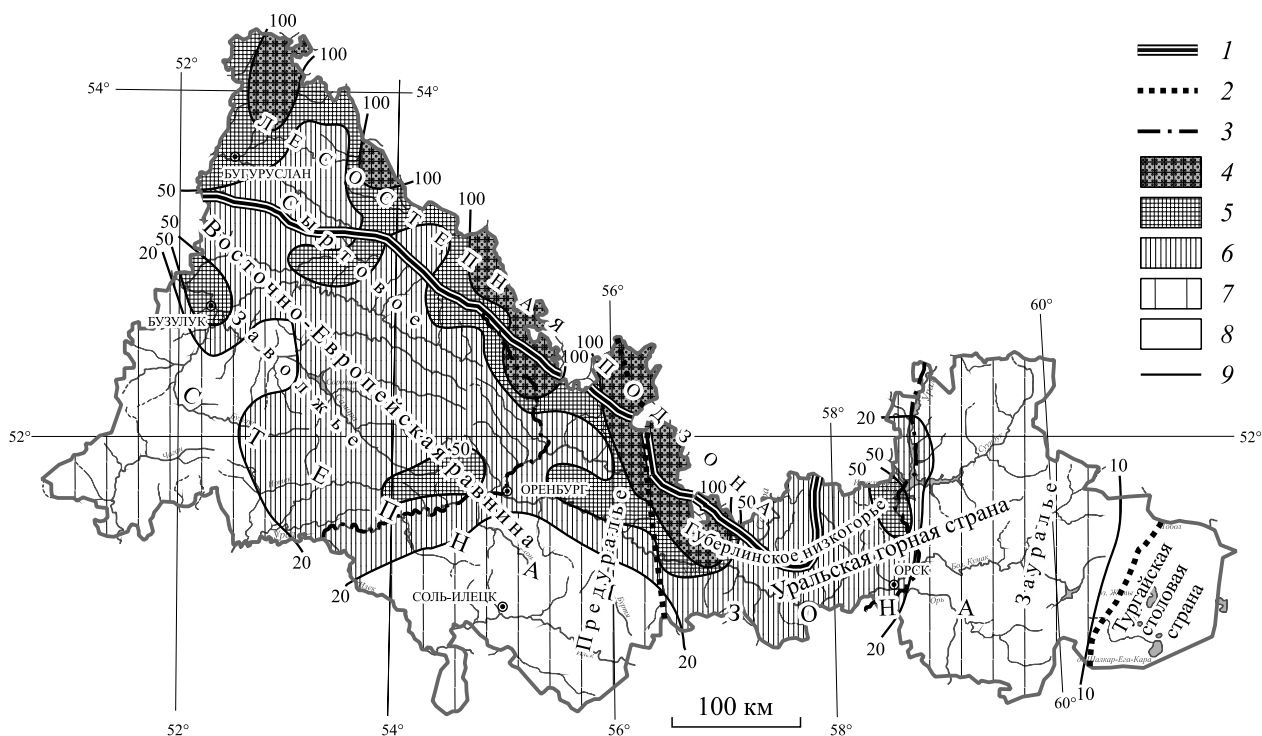


Рис. 2. Соотношение модуля стока родниковых вод и ландшафтных границ в Оренбургской области.

Ландшафтные границы: 1 — зональные (между лесостепной подзоной и степной зоной), 2 — региональные физико-географических стран (Восточно-Европейская равнина, Уральская горная страна, Тургайская столовая страна), 3 — региональные физико-географических провинций (Сыртовое Заволжье). Ареалы распределения модуля стока родниковых вод, л/с на 1000 км²: 4 — более 100, 5 — 50–100, 6 — 20–50, 7 — 10–20, 8 — менее 10. 9 — изолинии модуля стока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой аналитических данных служили отчеты по результатам гидрогеологической съемки м-ба 1:200 000 в территориальных геологических фондах, а также данные собственных полевых исследований 2007–2015 гг. При этом была сформирована информационно-картографическая база данных, включающая сведения о 3 тыс. родников, в том числе 400 с составлением паспортов. Для формирования базы данных использованы возможности лицензионной версии ГИС MapInfo 9.5. База данных по родниковым выходам подземных вод имеет следующие разделы: характер выхода (восходящий, нисходящий), дебит, описание местности (ландшафта), возраст водоносного горизонта подземных вод; данные по катионно-анионному анализу родниковых вод, данные по содержанию тяжелых металлов, выборочно — на нефтепродукты и редкие элементы; оценка экологического состояния родников (каптивированность, степень использования, посещаемость, загрязненность бытовым мусором). Картографическая визуализация базы данных проводилась также в среде MapInfo 9.5. Используемая топографическая основа включает в себя карты масштабов 1:25 000 (рабочий масштаб), 1:100 000 (для аналитических построений), 1:500 000 (обзорная карта). Набор слоев информационно-картографической базы данных включает шесть слоев с различными характеристиками родников — порядковый номер, наименование, географическое положение родника, абсолютная высота, тип родника, его дебит, гидрохимические характеристики подземных вод (сухой остаток, жесткость, рН, катионно-анионный состав, содержание тяжелых металлов). На основе базы данных были сформированы тематические карты как на отдельные районы исследований (восточная, центральная и западная часть Оренбургской области), так и на всю территорию области в итоговом варианте.

ЗОНАЛЬНЫЕ И АЗОНАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ РОДНИКОВ

Широтная зональность. Для оценки степени дифференциации родниковых выходов в соответствии с широтно-зональными границами учитывались параметры, характеризующие встречаемость, водообильность родников и вышеописанные гидрохимические показатели (минерализация, содержание катионов и анионов). В лесостепной зоне высокая встречаемость родников, объемы родникового стока, средний дебит и низкое содержание легкорастворимых солей коррелируют с повышенным годовым количеством осадков (370–420 мм), в том числе за летний период — 70–90 мм, а также значительным объемом модуля стока (3–6 л/(с·км²)).

В условиях степной зоны встречаемость родниковых выходов снижается вдвое, а модуль родникового стока почти в пять раз. Широтное изменение годового количества осадков в степной зоне (270–400 мм) и значения модуля стока (1–3 л/(с·км²)) совпадают с пространственной динамикой средней минерализации родниковых вод и доли легкорастворимых солей к содержанию катионов.

Следует отметить, что доля родникового стока в общем годовом модуле стока, как в лесостепной, так и в степной зоне, сравнительно невелика и составляет 1,5 и 1 % соответственно. Зональная ординация родников проявляется через широтное изменение гидрохимических свойств родниковых вод, при этом с севера на юг сокращается водообильность и плотность родниковых выходов, увеличиваются средняя минерализация и содержание легкорастворимых солей — хлоридов и сульфатов (табл. 1). Сопоставление широтно-зональных границ с изолиниями концентрации веществ, содержащихся в родниковых водах, свидетельствует о том, что в пределах возвышенной равнины Сыртового Заволжья

Таблица 1

Соотношение характеристик родников лесостепной и степной зоны Оренбургской области

Характеристика	Лесостепь (южная подзона)	Степь (северная и южная подзоны)
Количество родников	672	2049
Площадь (в пределах Оренбургской области), тыс. км ²	17,6	106,5
Встречаемость родников, выходов на 1000 км ²	38,2	19,2
Общий дебит (сумма дебитов всех родников), л/с	842,5	1070,6
Родниковый сток, л/с на 1000 км ²	47,9	10,1
Средний дебит, л/с	1,3	0,5
Средняя минерализация, мг/л	508,8	654,5
Соотношение нисходящих/восходящих выходов	1:0,36	1:0,28
Отношение концентрации (Cl ⁻ + SO ₄ ²⁻) к общему содержанию катионов, мг/%-экв	24,8	53,6

отмечается широтная направленность изолиний содержания иона Cl^- (25, 50 и 100 мг/л). Для низкогорий Южного Урала и равнин Зауралья отмечается, напротив, меридиональная ориентация изолиний содержания иона Cl^- . Таким образом, на Южном Урале отчетливо выражено постепенное изменение гидрохимического класса родников от гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного в лесостепи к сульфатно-гидрокарбонатному и сульфатно-хлоридному в северной степи и хлоридному — в южной.

Геолого-геоморфологическая аazonальность. Примером проявления геолого-геоморфологической аazonальности являются родники солянокупольных поднятий Предуральского прогиба. К ним относятся выходы подземных вод с аномальными параметрами минерализации, концентрации хлоридов и сульфатов, в частности родник в долине руч. Тузлуккуль, характеризующийся высокой минерализацией и резким преобладанием хлоридных солей. Формула Курлова для родника:

$$M_{12,47} \frac{\text{Cl} (75) \text{SO}_4 (23) \text{HCO}_3 (12)}{\text{Na} (95)}. \text{ Аномальная гидрохимия свойственна восходящему роднику, вы-$$

$$\text{ходящему в пределах Боевогорского соляного штока. Формула Курлова для родника: } M_{63,4} \frac{\text{Cl} (92,42)}{\text{Na} (99,98)}.$$

Высокая гидрохимическая аномальность родников определяется положением в пределах открытых соляных ядер активизированных соляных антиклиналей, на краевых участках соляных антиклиналей, в пределах закрытых соляных диапиров и штоков [17, 18].

Ярусно-геоморфологическая ординация. Наиболее четко ландшафтно-гидрохимические особенности выходов подземных вод проявляются в пределах высотно-генетических ступеней Заволжья и Южного Урала. Следует отметить, что, если по конкретным параметрам прослеживается связь с гидрогеологическим районированием, то группировка родников по комплексу параметров обнаруживает признаки локальной (местной) дифференциации — ландшафтно-типологической, высотно-ярусной, эрозионно-бассейновой (табл. 2). Сравнительный анализ гидродинамических и гидрохимических параметров родниковых выходов (см. табл. 2) показывает, что общепринятая схема размещения ланд-

Таблица 2

Основные характеристики родниковых выходов по высотно-генетическим ступеням ландшафтных областей Заволжья и Южного Урала

Характеристика	Сыртовое Заволжье			Низкогорья Южного Урала			Зауральская равнина	
	Высотные ярусы, м							
	50–140	140–220	220–400	140–200	200–400	400–600	180–280	280–400
Высотное положение, м	114,7	184,4	265,2	179	287,5	451,7	255,5	310,7
Тип*	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1	1,1	1
Дебит, л/с	1	0,7	0,8	0,6	0,9	0,7	0,2	0,2
Na^+ , мг/л	56,9	58,1	32,6	1296,7	53,7	51,4	196,6	94
Na^+ , мг/%-экв	26,3	27	21,4	84,2	23,4	36,3	56,8	57,3
Ca^{2+} , мг/л	61,4	72,7	57,9	86,8	52,1	47,3	73,5	36,3
Ca^{2+} , мг/%-экв	32,6	38,9	43,7	6,5	26,1	38,5	24,4	25,5
Mg^{2+} , мг/л	46,4	38,2	27,7	75,1	60,5	18,6	33,8	14,8
Mg^{2+} , мг/%-экв	41,1	34,1	34,9	9,3	50,5	25,2	18,7	17,2
Cl^- , мг/л	37	42,7	13,9	1935,4	41,6	45,8	235,5	69,2
Cl^- , мг/%-экв	12,1	11,8	6,7	89,1	19,1	22,3	44,3	26,7
SO_4^{2-} , мг/л	129,5	200,5	47,1	195,9	80,9	48,2	167,7	74,8
SO_4^{2-} , мг/%-экв	31,3	41	16,8	6,7	27,5	17,3	23,4	21,3
HCO_3^- , мг/л	298,1	293,2	272,1	156,8	199,4	213,7	294,7	231,5
HCO_3^- , мг/%-экв	56,7	47,2	76,5	4,2	53,4	60,4	32,3	52
Минерализация, г/л	507,3	540,8	355,9	141,7	216	267,2	825,5	406,2

* Индекс гидравлического типа родника определялся через соотношение нисходящих и восходящих выходов; нисходящим выходам придавалось условное значение 1, а восходящим — 2.

шафтно-геохимических фаций [15] в условиях низкогорий Южного Урала выполняется не совсем безупречно. Как известно, основные закономерности условий миграции химических веществ по ландшафтно-геохимическим уровням заключаются в увеличении содержания легкорастворимых солей от элювиальных фаций к аккумулятивным. На Южном Урале отчетливо прослеживается доминирование легкорастворимых хлоридов на нижней (аккумулятивной) ступени и, напротив, преобладание гидрокарбонатов на верхней (элювиальной) ступени.

С повышением гипсометрического уровня ландшафтов отмечается рост минерализации родниковых вод и одновременное снижение количества родников восходящего гидравлического типа. Низкогорья Южного Урала — это приподнятые на высоту 400–600 м равнинные блоки, склоны которых сильно эродированы и представляют собой мелкосопочники (холмогорья). В связи с этим для родников верхнего уровня отмечается определенная «равнинность» в характеристиках. Поэтому наиболее высокодебитные родники низкогорий Южного Урала приурочены к склоновым (транзитным) геосистемам.

Если рассматривать распределение характеристик родниковых выходов по высотным уровням Южного Урала, Зауралья (Таймыро-Уральский гидрогеологический регион) и Заволжья (Восточно-Европейский гидрогеологический регион), то следует отметить, что в пределах Сыртового Заволжья выделяются три, а в Зауралье — две гипсометрические ступени. Анализ характеристик немногочисленных родников пенеценизированной равнины Зауралья показывает, что для аккумулятивной ступени типичны преобладание хлоридного состава родниковых вод и более высокая минерализация, в отличие от верхней элювиальной ступени. Родники Заволжья существенно различаются соотношением между содержанием анионов и высотными уровнями. В отличие от рассмотренных выше ландшафтных областей, значительны различия по сульфатам. С повышением гипсометрического уровня растет количество восходящих родников, снижаются дебит и минерализация. Таким образом, для родников равнин и низкогорий Заволжья и Южного Урала с увеличением высотного расположения отмечается следующее: повышение минерализации и дебита, снижение количества восходящих родников для низкогорий, снижение минерализации, дебита и увеличение количества восходящих выходов для сыртовой и пенеценизированной равнин.

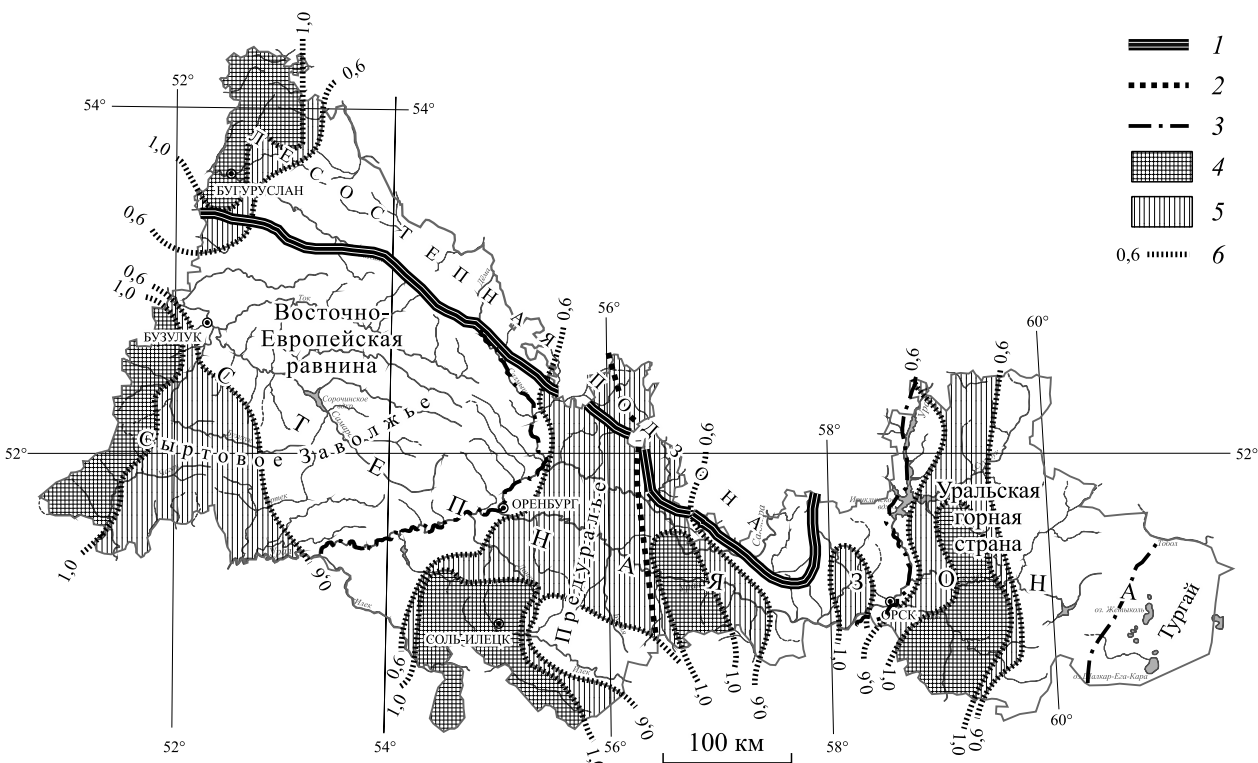


Рис. 3. Соотношение минерализации родниковых вод и ландшафтных границ в Оренбургской области.

1–3 — см. рис. 2. Минерализация родников: 4 — области с удельной минерализацией родниковых вод более 1 г/л, 5 — области с удельной минерализацией родниковых вод более 0,6–1 г/л. 6 — изолинии удельной минерализации.

Следует также отметить, что ярусно-геоморфологическая дифференциация определяет динамику параметров родниковых выходов в соответствии с приуроченностью к определенным геохимическим фациям, соответствующим различным высотным уровням. Элювиальные фации включают родники восходящего типа, гидрокарбонатного кальциево-натриевого состава с повышенным дебитом (см. рис. 2) и пониженной минерализацией (рис. 3). Родники транзитных фаций — преимущественно нисходящего типа (соотношение нисходящих и восходящих родников 3:1 или 4:1), гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриевого состава, с наиболее высоким дебитом и средней минерализацией. Родники аккумулятивных фаций — нисходящего типа, гидрокарбонатно-сульфатного и сульфатно-хлоридного кальциево-натриевого состава с низким дебитом и наиболее высокой минерализацией в районе исследований.

ФАКТОРЫ РОДНИКОВОГО СТОКА ПО ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИМ РЕГИОНАМ И ПРОВИНЦИЯМ ЗАВОЛЖЬЯ И ЮЖНОГО УРАЛА

Восточно-Европейский регион, Восточно-Русская провинция (см. рис. 1). На территории, включающей Бугульминско-Белебеевскую возвышенность и поднятия Общего Сырта, отмечается закономерное снижение абсолютных отметок с северо-востока на юго-запад, в сторону Прикаспийской низменности. В связи с этим распределение родников по высотным уровням соответствует основным орографическим направлениям Общего Сырта. Подавляющее большинство родников расположено на высотах 100–200 м (49,5 %) и 200–300 м (38,8 %), что соответствует преимущественно склоновым элементам рельефа.

Анализ гипсометрических и гидрохимических характеристик естественных выходов подземных вод данной провинции отражает следующие закономерности. Большинство аномальных по гидродинамическим и гидрохимическим свойствам родников располагается в пределах Бугульминско-Белебеевской возвышенности, т. е. их количество возрастает с юга на север. Как правило, гидродинамические аномалии сопровождают границы гидрогеологических провинций, тем самым отражая формирование крупных линейных областей разгрузки. В гидрохимической дифференциации родниковых вод прослеживаются существенные различия между родниками Камско-Вятской и Сыртовской подпровинций. Если для первой родники с высоким содержанием сульфатного и хлоридного анионов являются аномальными, то для второй они широко распространены по всему бассейну с увеличением их численности с севера на юг.

Восточно-Европейский регион, Предуральская провинция (см. рис. 1). Предуралье представляет собой одну из природных областей, в пределах которых сочетаются, с одной стороны, платформенные и складчатые условия геологического развития, а с другой — происходит смена семигумидных климатических условий на семиаридные. Результат этого — сложное сочетание природных факторов, проявляющихся в том числе в разнообразии родниковых выходов [19]. Южное Приуралье по гидрогеологическому районированию относится к Предуральской провинции (бассейну подземных вод), которая с юга примыкает к Прикаспийской провинции. По условиям формирования подземных вод это система артезианских бассейнов платформенного типа с преимущественным развитием напорных пластовых и трещинно-пластовых вод.

Ландшафтно-топологическая ординация родниковых выходов Предуралья определяется гидрохимической зональностью, которая подчиняется гидроклиматически обусловленному распределению классов подземных вод. Формирование естественных выходов подземных вод, аномальных по различным параметрам (2,2 %), связано с проявлениями аazonальных факторов — с прорывом соляных и гипсовых диапиров (гидрохимические аномалии) или с разрывными нарушениями, секущими водообильные горизонты подземных вод (гидрологические аномалии) [20].

Таймыро-Уральский регион, Большеуральская провинция, Западно-Уральская подпровинция (см. рис. 1). Сложное геологическое строение, выраженная ярусность рельефа и ландшафтной структуры обуславливают высокую контрастность родниковых выходов областей Южного Урала и Зауралья. В целом в пределах Южного Урала встречаемость родников составляет 3,2 на 100 км², увеличиваясь в Губерлинских горах до 4,2 на 100 км². В Зауралье плотность родников существенно варьирует: от 3,6 на 100 км² в пределах Восточно-Уральского поднятий до 1,7 на 100 км² — в Восточно-Уральском прогибе, а в пределах Тургайского прогиба снижается до 0,1.

Родники Зиянчуринских гряд, Губерлинского мелкосопочника и Саринского плато соответствуют последовательно сменяющимся геоморфологическим уровням с различной водообильностью, минерализацией и химическим составом родниковых вод. С увеличением высоты рельефа химический

состав родниковых вод меняется с сульфатно-карбонатного кальциевого на сульфатно-карбонатный кальциево-натриевый, а затем на хлоридно-сульфатный натриево-кальциевый. Аналогична ситуация и с минерализацией родников, которая существенно возрастает с высотой, т. е. с переходом от Губерлинского мелкосопочника к Саринскому плато. Плоскоравнинная поверхность Саринского плато сложена морскими отложениями юры и мела, что определяет повышенную минерализацию и хлоридно-сульфатный состав вод родников. Сильно расчлененный рельеф Зиянчуринских гряд и Губерлинского мелкосопочника, сложенных песчаниками, известняками, конгломератами карбона, диабазами, порфиритами, глинистыми сланцами ордовика–силура, обуславливает пониженную минерализацию и сульфатно-карбонатный состав родниковых вод. Таким образом, в условиях возвышенного степного плато проявляются те же свойства родников, что и в условиях степных равнин. Сильно расчлененный рельеф с ярко выраженными литоморфными аazonальными факторами ландшафтогенеза сближает химический состав воды этих родников и уровень их минерализации с характеристиками родниковых вод более северных широт.

Таймыро-Уральский регион, Большеуральская провинция, Уральская подпровинция (см. рис. 1). В отличие от Предуралья, родники Зауралья по гидрохимическим свойствам вод не обнаруживают строгой зональной дифференциации. Вместо трансрегиональной родниковой катены Предуралья здесь сформировались локальные водораздельно-долинные катены.

Общие геолого-гидрогеологические условия восточной части Оренбургской области определяют особенности химического состава вод. Источниками основных ионов в подземных и поверхностных водах служат продукты выветривания изверженных горных пород, частично засоленные юрские, меловые и третичные отложения, а также песчано-гравийные отложения аккумулятивных террас рек, солонцы и солончаки.

В южной и частично в северо-восточной части района распространены чистые гидрокарбонатные натриевые, кальциевые и магниевые воды; в западной и восточной частях — гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые. На всей центральной части обнаруживаются хлоридно-сульфатные, хлоридно-гидрокарбонатные и реже чистые хлоридные натриевые воды.

Большинство типов вод описываемого района характеризуются слабой минерализацией. Среди водоносных горизонтов юрских отложений и эффузивов силура–девона встречаются участки с ультрапресными водами, где общая минерализация не превышает 200 мг/л. В водопунктах серпентинитовых массивов, юрских и силура-девонских отложений общая минерализация вод достигает 500 мг/л.

Анализ характеристик родников Оренбургского Зауралья показывает, что родники с крайне низкой минерализацией (менее 100 г/л) или ультрапресные тяготеют к окраинам гранитных интрузий (это доказывает гидрохимическую инертность ландшафтов, литогенной основой которых являются гранитоиды); наряду с природными вариантами выходов подземных вод широко распространены техногенные родники, образование которых связано с дренированием толщ вскрышных пород и некондиционных руд отвалов и терриконов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом анализа факторов формирования родникового стока Заволжско-Уральского региона стала разработка концепции ландшафтогенеза родниковых геосистем. Положения концепции заключаются в следующем.

Гидрофизические и гидрохимические свойства родникового стока определяются как широтной зональностью, так и аazonальными факторами (геологическое строение, рельеф).

Особенности территориального размещения гидрологических и гидрохимических аномалий родниковых вод обусловлены локальной дифференциацией природных факторов (в частности, для Заволжско-Уральского региона — гранитоидные интрузии, соляная тектоника, песчаные массивы, красноцветные и известняковые толщи, мелкосопочники, сыртовый и предгорно-грядовый рельеф).

Степень аномальности родниковых ландшафтов определяется близостью их расположения к природным рубежам соответствующего иерархического порядка: чем выше уровень физико-географической границы, тем ярче проявление аномальных свойств. Родниковые ландшафты, расположенные у границ района (провинции), обнаруживают существенное отклонение от типоморфных свойств, по видимому, связанное с их вовлечением в сложные парадинамические геосистемы (экотоны).

Родниковые выходы имеют индикационное и эталонное значение при оценке условий формирования стока, гидроморфных особенностей ландшафта, а также экологического состояния поверхностных вод в конкретном регионе.

Работа выполнена в рамках темы НИР Института степи УрО РАН «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (ГР АААА–А17–117012610022–5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Всеволожский В.А.** Основы гидрогеологии: Учебник. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. — 351 с.
2. **Ланге О.К.** Гидрогеология. — М.: Высш. шк., 1969. — 365 с.
3. **Тихомиров В.В.** Общая гидрогеология. — СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2003. — 298 с.
4. **Бураева Е.А., Вардуни Т.В., Шиманская Е.И., Шерстнев А.К., Триболина А.Н.** Комплексная оценка родников г. Ростова-на-Дону // Вода: химия и экология. — 2014. — № 3 (69). — С. 19–25.
5. **Мартемьянов В.И., Маврин А.С.** Пределы изменений содержания катионов в родниках, артезианской воде и малых реках Ярославской области // Вода: химия и экология. — 2016. — № 6. — С. 83–93.
6. **Мязина Н.Г.** Возрастающее значение родников как экологически чистых вод питьевого и минерального назначения Волгоградской области // Вода: химия и экология. — 2013. — № 11 (65). — С. 114–118.
7. **Павлова Н.А., Колесников А.Б., Ефремов В.С., Шепелев В.В.** Химический состав подземных вод межмерзлотных таликов в центральной Якутии // Водные ресурсы. — 2016. — Т. 43, № 2. — С. 216.
8. **Джоши Б.К.** Биогенные вещества в родниках Алмора-Бинсар в Индийской части центральных Гималаев // Водные ресурсы. — 2006. — Т. 33, № 1. — С. 94–103.
9. **Drever J.I.** The Geochemistry of Natural Waters. — London: Prentice Hall, 1982. — P. 138–162.
10. **Kumar K., Rawat D.S., Joshi R.** Chemistry of spring water in Almora, Central Himalaya // Environmental Geology. — 1996. — N 28 (2). — P. 1–7.
11. **Negi G.C.S., Joshi V.** Geo-hydrology of springs in mountain watershed: The need for problem solving research // Current Science. — 1996. — Vol. 71, N 1025. — P. 772–776.
12. **Rai R.N., Singh K.A., Solanki R.C.** A case study of water flows of small hill springs of Silkkim // Soil Conservation. — 1988. — Vol. 16, N 1. — P. 52–56.
13. **Гидрогеология СССР (Оренбургская область)** / Под ред. Е.И. Токмачёва. — М.: Недра, 1972. — 281 с.
14. **Зинченко Л.Е.** Подземные воды // Географический атлас Оренбургской области. — М.: ДИК, 1999. — С. 16–17.
15. **Глазовская М.А.** Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. — Смоленск: Ойкумена, 2002. — 288 с.
16. **Перельман А.И.** Геохимия природных вод. — М.: Наука, 1982. — 154 с.
17. **Севастьянов О.М., Севастьянова С.К.** Подземные воды кунгурских отложений Оренбургского Предуралья // Вопр. геологии Южного Урала и Поволжья. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1970. — Вып. 7. — С. 20–33.
18. **Хоментовский А.С.** Беляевские минеральные воды. — Чкалов: Изд-во Чкалов. пед. ин-та, 1949. — Вып. 3. — С. 25–30.
19. **Петрищев В.П., Чибилёв А.А., Сивохиц Ж.Т.** Кластерная дифференциация родниковых выходов подземных вод в Южном Приуралье // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 2. — С. 122–129.
20. **Сивохиц Ж.Т., Петрищев В.П., Чибилёв А.А.** Естественные выходы подземных вод Южного Предуралья: связь гидрохимической дифференциации с типами местности // Изв. РГО. — 2003. — Т. 135, вып. 3. — С. 42–50.

Поступила в редакцию 28 ноября 2017 г.