

УДК 556.314 + 556.535.8

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-1(171-178)

А. П. ЧЕВЫЧЕЛОВ, Л. И. КУЗНЕЦОВАИнститут биологических проблем криолитозоны СО РАН, пр. Ленина, 41, Якутск, 677000, Россия,
chev.soil@list.ru, likkol@yandex.ru**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

Проведены исследования, направленные на оценку географических особенностей формирования химического состава поверхностных вод естественных ландшафтов Южной Якутии. На основе изучения литолого-геохимических и ландшафтно-климатических особенностей региона определена специфика химического состава поверхностных вод. Установлено, что воды Лено-Алданского плато относятся к слабощелочным, мягким, со средней минерализацией, воды Алданского нагорья и Чульманской впадины — к нейтральным, очень мягким, с очень малой минерализацией. Зафиксировано, что интенсивность водной миграции большей части изучаемых элементов (S, C, N и др.) увеличивается по мере нарастания степени гумидности климата, расчлененности рельефа, повышения окислительно-восстановительного потенциала и понижения кислотности речных вод Южной Якутии при переходе от Лено-Алданского плато к Алданскому нагорью и Чульманской впадине. Определено, что долговременные изменения химического состава исследуемых вод Лено-Алданского плато и Алданского нагорья в первую очередь зависят от природных условий, в то время как в Чульманской впадине они обусловлены влиянием антропогенного фактора.

Ключевые слова: мерзлотные ландшафты, литолого-геохимические и ландшафтно-климатические особенности, водная миграция, ионы, элементы.

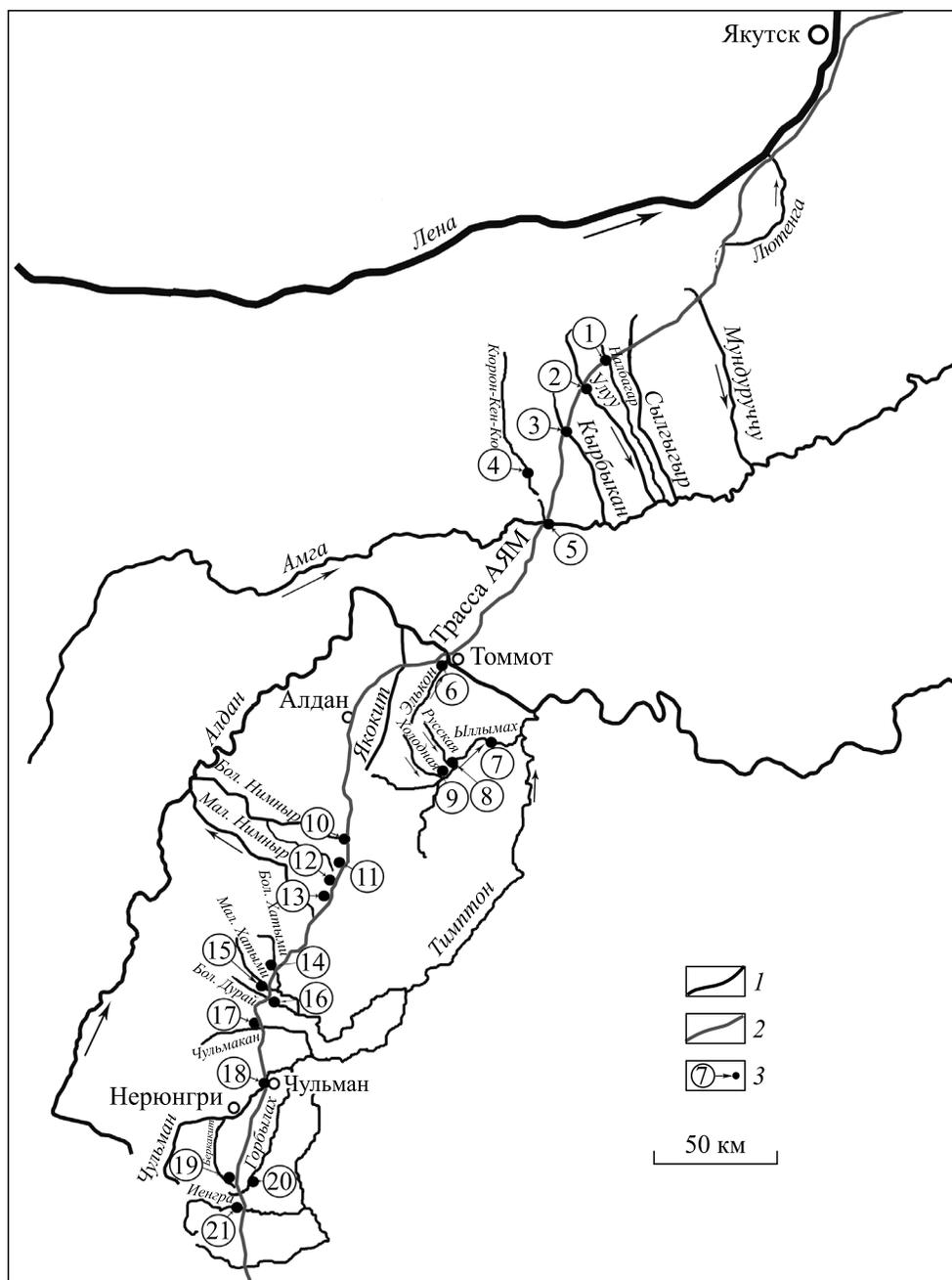
A. P. CHEVYCHELOV, L. I. KUZNETSOVAInstitute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, pr. Lenina 41, Yakutsk, 677000, Russia,
chev.soil@list.ru, likkol@yandex.ru**GEOGRAPHICAL FEATURES IN THE FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION
OF SURFACE WATERS IN SOUTHERN YAKUTIA**

Investigations were made with a view to assess the geographical features in the formation of the chemical composition of surface waters of natural landscapes in Southern Yakutia. On the basis of studying the lithologo-geochemical and landscape-climatic characteristics of the region, we determined the specific character of the chemical composition of surface waters. It is established that the waters of the Lena-Aldan plateau refer to weakly alkaline, soft waters with moderate mineralization, and the waters of the Chul'manskaya hollow are categorized as neutral, very soft waters with very low mineralization. It is found that the intensity of water migration of most of the elements being studied (S, C, N, and others) increases with an increase of the degree of climate humidity, in dissection of relief and redox potential as well as with a decrease in acidity of the river waters in Southern Yakutia at the transition from the Lena-Aldan plateau to the Aldan highland and the Chul'manskaya hollow. It is determined that long-term changes in chemical composition of the waters of the Lena-Aldan plateau and the Aldan highland depend primarily on the natural conditions whereas in the Chul'manskaya hollow they are caused by the influence of the anthropogenic factor.

Keywords: cryogenic landscapes, lithologo-geochemical and landscape-climatic features, water migration.

Поверхностные воды — один из главных компонентов природных ландшафтов, обуславливающих гидрогенную миграцию элементов и образование различных трофических цепей. Однако географические особенности формирования химического состава поверхностных вод Восточной Сибири изучены очень слабо, это относится и к мерзлотным ландшафтам, в частности к территории Южной Якутии. Известно, что подобные ландшафты отличаются явной спецификой энерго- и массообмена, повышенной чувствительностью к техногенным и антропогенным воздействиям и слабой восстановительной способностью [1, 2].

Прямые и косвенные факторы формирования химического состава поверхностных вод были в свое время определены О. А. Алекиным [3], а впоследствии А. М. Никаноровым [4] и другими уче-



Карта-схема исследуемых районов Южной Якутии.

1 — реки; 2 — трасса Амуро-Якутской железнодорожной магистрали; 3 — точки отбора водных проб (станции).

ными. Анализ содержания других опубликованных работ [5–9] убеждает в том, что речные системы криолитозоны в настоящее время наименее исследованы в России, и их изученность во многом не соответствует степени и перспективам экономического развития Российской Арктики.

Район исследования охватывает обширный регион — Южную Якутию. Область изучения может быть примерно ограничена географическими координатами 56–60° с. ш. и 120–130° в. д. С учетом литолого-геоморфологических особенностей территории наши исследования осуществлялись на Лено-Алданском плато, Алданском нагорье и в Чульманской впадине. Проведена оценка химического состава в основном малых и средних рек бассейна р. Алдан (см. рисунок). При этом применялись общепринятые географические методы — сравнительно-географический, картографический и геохимиче-

ский [10]. Водные пробы отбирались в период летне-осенней межени 2007 и 2012 гг. При определении химических показателей исследуемых вод использовался ряд стандартных аналитических методов [11].

Территория Южной Якутии в целом характеризуется очень контрастным литогеохимическим фоном, преимущественно горным рельефом, холодным гумидным климатом, преобладанием в покрове таежной растительности и несплошным распространением многолетней мерзлоты. Исследуемый регион отличается густой гидрографической сетью. Все его реки относятся к восточносибирскому типу, их питание осуществляется главным образом за счет весеннего снеготаяния и летних атмосферных осадков [12].

Лено-Алданское плато имеет более-менее пологий рельеф, абсолютные отметки высоты местности изменяются в пределах 400–600 м, климат резко континентальный с нормальным увлажнением ($K_u \approx 1^1$), в растительном покрове распространены среднетаежные лиственничные и сосновые леса относительно высокого бонитета. В составе горных пород абсолютно преобладают кембрийские осадочные карбонатные породы — доломиты и известняки, повсеместно распространена многолетняя мерзлота. В почвенном покрове доминируют остаточно-карбонатные почвы — дерново- и перегнойно-карбонатные.

Рельеф Алданского нагорья преимущественно низко- и среднегорный, абсолютные высоты местности колеблются в пределах 700–1200 м, а отдельных гольцовых групп — даже выше. Климат нагорья резко континентальный гумидный и супергумидный ($K_u > 1,5$), в растительном покрове преобладает низкобонитетная горно-таежная и горно-тундровая растительность, отмечается вертикальная поясность почвенно-растительного покрова. В составе горных пород широко представлены кислые магматические породы архейского возраста — гранито-гнейсы, многолетняя мерзлота имеет прерывистый характер [12]. В почвенном покрове доминируют кислые, ненасыщенные обменными основаниями почвы элювиального ряда — подбуры и подзолы.

Чульманская впадина — это плоскогорье, относительно врезанное в рельеф Алданского нагорья. Абсолютные отметки днища впадины находятся на уровне 600–700 м. Климат впадины резко континентальный гумидный ($K_u = 1,4$), в растительном покрове преимущественно встречаются среднетаежные лиственничные леса и мари, развитые по верховым и переходным болотам. В составе горных пород абсолютно преобладают юрские осадочные породы — песчаники, алевролиты и аргиллиты, вмещающие пласты каменных углей. Многолетняя мерзлота носит прерывистый характер. Почвенный покров состоит из кислых, ненасыщенных обменными основаниями подзолистых типичных и альфегумусовых, а также мерзлотно-таежных почв.

По значениям средних показателей рН и минерализации речные воды Лено-Алданского плато относятся к слабощелочным со средней минерализацией, воды Алданского нагорья и Чульманской впадины — к нейтральным с очень малой минерализацией [3]. По общей жесткости воды всех трех районов характеризуются как мягкие. Почти у всех рек изученных районов тип воды гидрокарбонатно-кальциевый, кроме рек Холодной и Русской с водой сульфатно-магниевого типа (табл. 1). Это обусловлено тем, что данные реки дренируют горные породы, содержащие сульфиды металлов [14], при окислении которых образуются сульфаты.

Средние значения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в поверхностных водах всех трех исследованных районов Южной Якутии положительные. Это показывает, что миграция элементов в данных водах происходит в условиях окислительной обстановки (табл. 2).

Известно, что N и P являются облигатными биофилами. Их содержание в поверхностных водах наряду с количеством органического вещества идентифицирует интенсивность биологических процессов, происходящих как в водах, так и в почвах водосборных бассейнов, формирующих посредством внутрпочвенного стока химический состав конкретных рек [15]. При этом среди разнообразных процессов трансформации N-содержащих соединений в природных водах гумидной зоны наибольшее значение имеют аммонификация и нитрификация [16]. Как указывалось ранее, Лено-Алданское плато характеризуется наиболее благоприятными ландшафтно-климатическими условиями, здесь преобладают дерново- и перегнойно-карбонатные почвы, которые в Южной Якутии достаточно плодородны [17]. С этой позиции все вышесказанное становится очевидным.

Литолого-геохимические и ландшафтно-климатические условия Алданского нагорья и Чульманской впадины значительно отличаются. Климат здесь более холодный и гумидный, горно-таежные фитоценозы менее продуктивны, кислые ненасыщенные обменными основаниями зональные почвы — подбуры и подзолистые — обладают низкой биологической активностью. По составу почвенно-

¹ Значение коэффициента увлажнения по Н. Н. Иванову [13].

Таблица 1

Ионный состав речных вод Южной Якутии в летне-осеннюю межень 2007 г.

Место отбора проб	pH	Ионы							Сумма ионов, мг/л
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
<i>Лено-Алданское плато</i>									
Река Налбагар	7,7	24,3	11,4	3,0	0,5	122,0	13,2	0,7	175,1
		26,4	20,5	2,8	0,3	43,6	6,0	0,4	
Река Улуу, пос. Улуу	7,7	24,7	11,9	4,0	0,5	123,3	17,2	0,7	182,3
		25,7	20,4	3,6	0,3	42,1	7,5	0,4	
Река Большой Кырбыкан	7,7	26,1	11,9	4,0	0,5	126,9	17,7	0,7	187,8
		26,4	19,9	3,5	0,2	42,2	7,4	0,4	
Ручей Кюрюн-Кен-Кю	7,4	52,1	22,7	11,0	1,0	268,5	26,2	1,0	382,5
		26,1	18,8	4,8	0,3	44,2	5,5	0,3	
Река Амга, пос. Верхняя Амга	7,9	43,3	17,7	5,0	0,5	195,3	30,4	0,7	292,9
		28,0	19,0	2,8	0,2	41,6	8,2	0,2	
Среднее, n = 5	7,7	34,1	15,1	5,4	0,6	167,2	20,9	0,8	244,1
<i>Алданское нагорье</i>									
Река Элькон	7,7	15,0	4,5	6,0	1,0	52,5	25,1	0,9	105,0
		26,7	13,1	9,3	0,9	30,6	18,6	0,8	
Река Большой Ыллымах	7,8	13,8	7,8	2,0	0,5	61,0	18,3	1,4	104,8
		24,0	22,5	3,1	0,4	35,2	13,5	1,3	
Река Русская	7,1	6,2	5,5	1,0	1,0	13,4	27,9	1,3	56,3
		18,7	27,1	2,4	1,8	13,2	35,1	1,7	
Река Холодная	6,6	1,8	1,9	1,0	2,0	6,1	10,6	0,7	24,1
		13,2	23,5	5,9	7,4	14,7	32,4	2,9	
Река Большой Нимыр	7,9	12,0	4,9	1,0	0,5	48,8	11,4	0,7	79,3
		28,4	18,9	2,1	0,6	37,9	11,2	0,9	
Ручей Васильевка	7,5	2,6	1,3	1,0	0,5	14,0	2,7	0,3	22,4
		22,0	18,6	7,3	2,1	38,8	9,6	1,6	
Ручей Михайловка	7,6	4,4	2,3	1,0	0,5	21,4	5,1	0,3	35,0
		23,6	20,4	4,6	1,4	37,5	11,5	1,0	
Ручей Медведка	7,6	5,4	2,1	1,0	0,5	24,4	3,7	0,7	37,8
		27,2	17,1	4,4	1,3	40,3	7,8	1,9	
Среднее, n = 8	7,5	7,6	3,8	1,7	0,8	30,2	13,1	0,8	58,1
<i>Чульманская впадина</i>									
Река Большая Хатыми	7,9	10,6	4,6	1,0	0,5	50,0	6,1	0,7	73,5
		27,4	19,7	2,3	0,6	42,4	6,6	1,0	
Река Малая Хатыми	7,2	3,2	1,8	4,0	1,0	17,7	9,6	0,7	38,0
		15,7	14,7	17,1	2,5	28,5	19,6	1,9	
Ручей Большой Дурай	7,7	13,4	3,8	4,0	1,0	43,3	22,1	0,3	87,9
		28,4	13,1	7,4	1,1	30,1	19,5	0,4	
Река Чульмакан	6,8	11,6	2,6	3,0	0,5	47,6	6,5	0,7	72,5
		31,1	11,3	6,9	0,7	41,8	7,2	1,0	
Река Чульман	7,1	16,6	5,1	6,0	0,5	64,1	21,4	1,0	114,7
		27,2	13,8	8,6	0,4	34,5	14,6	0,9	
Река Беркамит	7,8	25,1	2,4	10,0	1,0	101,9	8,7	2,1	151,2
		32,7	5,2	11,4	0,7	43,7	4,7	1,6	
Река Горбылах	6,4	5,8	2,3	2,0	0,5	18,3	12,5	0,7	42,1
		25,0	16,4	7,5	1,0	25,9	22,5	1,6	
Река Иенгра	7,5	3,6	0,6	5,0	1,0	12,2	12,1	0,7	35,2
		19,0	5,3	23,0	2,7	21,2	26,7	2,1	
Среднее, n = 8	7,3	11,2	2,9	4,4	0,7	44,4	12,4	0,9	76,9

Примечание. Здесь и в табл. 4: в числителе — мг/л, в знаменателе — %-экв. Здесь и в табл. 2: n — количество проб.

Содержание элементов и значение ОВП в поверхностных водах Южной Якутии (2007 г.), мг/л

Номер станции	Участок	ОВП, мВ	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	P _{общ}	Fe _{общ}	Si	C _{орг}	Al	Mn, мкг/л
<i>Лено-Алданское плато</i>											
1	Река Налбагар	266	0,38	0,019	0,15	0,020	0,15	2,20	9,0	0,012	1,8
2	Река Улуу, пос. Улуу	237	0,50	0,104	0,21	0,005	0,08	2,20	12,0	0,012	1,4
3	Река Большой Кырбыкан	241	0,46	0,040	0,16	0,005	0,08	2,26	12,0	0,010	1,0
4	Ручей Кюрюн-Кен-Кю	274	0,25	0,007	0,14	0,032	0,11	2,52	6,0	0,014	1,8
5	Река Амга, пос. Верхняя Амга	232	0,19	0,007	0,10	0,005	0,05	2,04	6,0	0,010	3,2
	Среднее (n = 5)	250	0,36	0,035	0,15	0,013	0,09	2,24	9,0	0,012	1,8
<i>Алданское нагорье</i>											
6	Река Элькон	294	0,32	0,007	0,03	0,016	0,24	3,46	2,2	0,018	1,0
10	Река Большой Нимныр	270	0,40	0,019	0,08	0,005	0,51	4,06	9,0	0,034	3,0
11	Ручей Васильевка	312	0,27	0,011	0,04	0,005	0,15	3,66	6,0	0,044	4,2
12	Ручей Михайловка	316	0,21	0,008	0,03	0,005	0,05	5,38	3,0	0,039	4,7
13	Ручей Медведка	325	0,22	0,061	0,04	0,005	0,06	7,06	1,9	0,058	3,2
	Среднее (n = 5)	303	0,28	0,021	0,04	0,007	0,20	4,72	4,4	0,039	3,2
<i>Чульманская впадина</i>											
15	Река Малая Хатыми	290	0,12	0,007	0,08	0,051	0,96	6,76	4,0	0,145	7,5
17	Река Чульмакан	311	0,17	0,010	0,08	0,005	0,12	3,28	1,9	0,045	5,3
18	Река Чульман	299	0,19	0,007	0,24	0,010	0,05	3,94	1,9	0,018	3,9
19	Река Беркамит	296	0,19	0,027	0,10	0,052	1,57	5,88	6,5	0,058	6,5
20	Река Горбылах	287	0,71	0,014	0,19	0,035	0,72	4,94	6,0	0,010	6,5
	Среднее (n = 5)	297	0,28	0,013	0,14	0,031	0,68	4,96	4,1	0,055	5,9

растительного покрова Алданское нагорье представляет собой переходную зону от верхней тайги к горной тундре. Вероятно поэтому в поверхностных водах нагорья отмечается минимальное содержание нитратного азота и общего фосфора. По другим средним показателям, таким как ОВП, содержание C_{орг}, NH₄⁺, Si и Al, химические составы вод Алданского нагорья и Чульманской впадины довольно схожи. Вместе с тем в речных водах Чульманской впадины закономерно фиксируется максимальное количество P_{общ}, Fe и Mn. Последнее обусловлено тем, что с увеличением гумидности климата и степени мерзлотности почвогрунтов территория становится более заболоченной. Это особенно справедливо для обладающей менее расчлененным рельефом Чульманской впадины, в почвенном покрове которой значительно возрастает доля мерзлотно-таежных почв, подстилаемых льдистой многолетней мерзлотой. При этом железо и марганец, по нашему мнению, мигрируют в основном в составе катионов (Fe²⁺ и Mn²⁺) комплексных органоминеральных соединений гумусовых кислот (фульваты железа и марганца). Это утверждение полностью совпадает с результатами исследований А. И. Перельмана [18], согласно которым в ультрапресных водах горной тайги Якутии растворенное органическое вещество составляет от 10 до 75 % общей суммы растворенных веществ, а главным его компонентом выступают фульвокислоты — вещества гумусовой природы. В поверхностных водах Чульманской впадины также отмечено максимальное значение P_{общ}, что связано с увеличением содержания данного элемента в горных породах этой местности (табл. 3).

В связи с оценкой общей характеристики химического состава поверхностных вод Южной Якутии определены особенности водной миграции элементов S, C, N, Ca, Mg, Na, Si, Al, Fe, P и Mn в пределах исследуемых районов. При этом геохимические условия устанавливались исходя из значений их коэффициента водной миграции (K_х), который рассчитывался по известной формуле [18]. При расчете K_х элементов наряду с показателями табл. 1 и 2 мы использовали их средние содержания в горных породах (почвах), полученные на основе работы с базами собственных аналитических данных (см. табл. 3). При вычислении K_х для S и N брались их средние содержания в мерзлотно-таежных почвах Лено-Алданского плато, Алданского нагорья и Чульманской впадины.

Необходимо отметить, что по мере нарастания степени гумидности климата, расчлененности рельефа, повышения ОВП и понижения кислотности исследуемых речных вод Южной Якутии при переходе от Лено-Алданского плато к Алданскому нагорью и Чульманской впадине интенсивность

Содержание элементов в горных породах (%), водах (мг/л) и значения их коэффициентов водной миграции в пределах различных районов Южной Якутии (2007 г.)

Содержание	Элемент										
	S	C	N	Ca	Mg	Na	Si	Al	Fe	P	Mn
<i>Лено-Алданское плато</i>											
В горных породах	0,03	2,83*	0,18*	18,20	4,68	0,09	4,0	0,52	0,81	0,02	0,02
В речных водах	6,7	9,0	0,326	34,1	15,1	5,4	2,2	0,01	0,09	0,004	0,002
Кх	91	1,4	0,7	0,8	1,3	25	0,2	0,01	0,05	0,08	0,04
<i>Алданское нагорье</i>											
В горных породах	0,03	0,93*	0,10*	2,56	1,32	2,44	31,3	3,79	4,12	0,04	0,05
В речных водах	4,2	4,4	0,233	7,7	3,8	1,8	4,7	0,04	0,20	0,002	0,003
Кх	241	8,1	4,0	5,2	4,9	1,3	0,3	0,02	0,08	0,09	0,10
<i>Чульманская впадина</i>											
В горных породах	0,03	0,95*	0,10*	2,27	1,12	2,37	30,2	3,41	3,85	0,09	0,06
В речных водах	4,0	4,1	0,254	11,2	2,9	4,4	5,0	0,05	0,68	0,010	0,006
Кх	174	5,6	3,3	6,4	3,4	2,4	0,2	0,02	0,23	0,14	0,13

* Приведены содержания элементов в почвах.

водной миграции большей части изучаемых элементов, таких как S, C, N, Ca, Mg, Fe и Mn, возрастает. Миграционная способность Si, Al и P при изменении литолого-геохимических и ландшафтно-климатических условий остается практически прежней.

Высокая миграционная способность Na в водах Лено-Алданского плато обусловлена региональными литогеохимическими особенностями осадочных горных пород (доломиты и известняки), которые содержат включения легкорастворимых солей Na [19]. Также необходимо указать на изменение интенсивности миграции многовалентных элементов Mn и в особенности Fe в связи с трансформацией условий их миграционной обстановки при переходе от Лено-Алданского плато к Алданскому нагорью и Чульманской впадине. Коэффициент водной миграции данных элементов, которые мигрируют главным образом в составе катионов (Fe^{2+} и Mn^{2+}) комплексных органоминеральных соединений, возрастает в 2–4 раза (см. табл. 3).

Изменение состава речных вод территории наблюдается в течение последних 50–60 лет (табл. 4). В связи с этим мы также использовали данные Росгидромета, полученные ранее [20, 21]. Анализ табл. 4 позволяет утверждать, что все перемены, зафиксированные в химическом составе вод рек Амга и Большой Нимыр, находятся в пределах сезонной вариабельности содержаний элементов, обусловленной в основном природными факторами.

Изменения в химическом составе воды р. Чульман объясняются преимущественно влиянием антропогенного фактора. Так, значение pH увеличилось в среднем на 0,6 (с 6,5 до 7,1), а общая минерализация и содержание отдельных ионов выросли более чем в 3 раза (с 32,5 до 97,9 мг/л), в то время как тип воды остался прежним — гидрокарбонатно-кальциевым. Это обусловлено воздействием Нерюнгринского угольного разреза (НУР) в форме аэральных (минеральная и угольная пыль) и гидрогенных (поверхностные стоки) загрязнений, а также сточных вод г. Нерюнгри и пгт Чульман. Напомним, что НУР начал функционировать в 1975 г.

Территория Южной Якутии в целом характеризуется контрастными географическими условиями формирования химического состава поверхностных вод. Воды Лено-Алданского плато относятся к слабощелочным, мягким, со средней минерализацией. В них зафиксировано наиболее высокое содержание органического углерода, анионов (гидрокарбонатов, сульфатов) и катионов кальция, магния, натрия, установлено максимальное количество аммонийного, нитритного, нитратного азота и минимальное — кремния, железа, алюминия, марганца, а также минимальное значение ОВП. Воды Алданского нагорья — нейтральные, очень мягкие, с очень малой минерализацией. Они обладают максимальным окислительно-восстановительным потенциалом, а содержание нитратного азота и общего фосфора в них минимально. Воды Чульманской впадины имеют сходную характеристику, при этом здесь отмечено наиболее высокое содержание железа, марганца, общего фосфора, а также наименьшее количество органического углерода и нитритного азота.

Изменение ионного состава речных вод Южной Якутии в летне-осеннюю межень

Дата отбора водных проб	pH	Ионы							Сумма ионов, мг/л
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
<i>Лено-Алданское плато (р. Амга)</i>									
22.08.1957	—*	42,7	22,4	5,5**		225,7	23,2	0,3	319,8
		25,5	21,9	2,6		44,2	5,7	0,1	
24.07.1964	—	43,9	18,6	2,5		176,3	42,3	1,7	285,3
		28,7	20,0	1,3		37,8	11,5	0,7	
03.08.2007	7,9	43,3	17,7	5,0	0,5	195,3	30,4	0,7	292,9
		28,0	19,0	2,8	0,2	41,6	8,2	0,2	
06.08.2012	8,1	37,5	23,4	1,7	1,0	155,6	63,7	0,9	283,8
		24,0	24,7	1,0	0,3	32,7	17,0	0,3	
<i>Алданское нагорье (р. Большой Нимныр)</i>									
28.07.1954	—	18,0	6,5	3,5		81,1	7,4	3,4	119,9
		28,5	17,1	4,4		42,1	4,7	3,2	
19.08.1969	—	20,0	8,8	—		64,7	10,2	0,9	104,6
		29,1	20,9			40,8	8,0	1,2	
03.08.2007	7,9	12,0	4,9	1,0	0,5	48,8	11,4	0,7	79,3
		28,4	18,9	2,1	0,6	37,9	11,2	0,9	
06.08.2012	7,9	14,6	6,9	2,3	0,5	56,8	22,2	0,7	104,0
		25,9	20,2	3,5	0,4	32,9	16,3	0,7	
<i>Чульманская впадина (р. Чульман)</i>									
25.08.1961	6,4	4,8	1,1	1,5		17,7	3,3	1,2	29,6
		30,8	11,5	7,7		37,2	9,0	3,8	
04.08.1965	6,6	6,2	1,2	1,5		21,3	3,7	1,3	35,2
		33,0	10,7	6,3		37,3	8,5	4,2	
03.08.2007	7,1	16,6	5,1	6,0	0,5	64,1	21,4	1,0	114,7
		27,2	13,8	8,6	0,4	34,5	14,6	0,9	
05.08.2012	7,2	13,8	2,8	3,6	0,7	42,7	18,3	0,4	82,3
		31,6	10,5	7,1	0,8	32,1	17,4	0,5	

* Значение показателя не определено.

** Приведена сумма ионов Na⁺ и K⁺.

По мере нарастания степени гумидности климата, расчлененности рельефа, повышения ОВП и понижения кислотности речных вод Южной Якутии при переходе от Лено-Алданского плато к Алданскому нагорью и Чульманской впадине интенсивность водной миграции большей части изучаемых элементов, таких как S, C, N, Ca, Mg, Fe и Mn, возрастает. Долговременные изменения химического состава исследуемых вод Лено-Алданского плато и Алданского нагорья обусловлены главным образом природными условиями, а вод Чульманской впадины — влиянием антропогенного фактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитина И. Б. Геохимия ультрапресных вод мерзлотных ландшафтов (на примере Алданского нагорья). — М.: Наука, 1977. — 148 с.
2. Дубровина Л. В., Морозов А. К. Поверхностные воды // Экологические исследования природных вод Карелии. — Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра, 1999. — С. 33–38.
3. Алевкин О. А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеоздат, 1970. — 443 с.
4. Никаноров А. М. Гидрохимия. — СПб.: Гидрометеоздат, 2001. — 444 с.
5. Анисимова Н. П. Химический состав подземных и поверхностных вод и некоторые закономерности его изменения в районе среднего течения реки Лены. — Якутск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения СО АН СССР, 1959. — 121 с.

6. Бердавцева Л. Б., Леонов А. В. Анализ гидрохимических данных для оценки состояния и качества речных вод // Водные ресурсы. — 1992. — № 5. — С. 95–109.
7. Замана Л. В., Усманов М. Т., Борзенко С. В. Гидрохимия рек по трассе проектируемого нефтепровода «Восточная Сибирь–Тихий океан» в междуречье Витима–Олекмы // Водные ресурсы. — 2007. — Т. 34, № 3. — С. 345–355.
8. Николаева Н. А. Прогноз гидрохимического состояния воды проектируемых водохранилищ ГЭС Южной Якутии // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 3. — С. 120–125.
9. Николаева Н. А. Прогноз качества воды водохранилищ Канкунской ГЭС (Южная Якутия) // География и природ. ресурсы. — 2012. — № 2. — С. 46–50.
10. Гагина Н. В., Федорцова Т. А. Методы геоэкологических исследований: Курс лекций. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 2002. — 98 с.
11. **Руководство** по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семёнова. — Л.: Гидрометеоздат, 1977. — 542 с.
12. **Южная Якутия: мерзлотно-гидрологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района** / Под. ред. А. Д. Кудрявцева. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. — 444 с.
13. **Иванов Н. Н.** Ландшафтно-климатические особенности земного шара // Зап. Геогр. о-ва. Нов. сер. — М., Л.: Изд-во АН СССР, 1948. — Т. 1. — С. 12–23.
14. **Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)** / Ред. Л. М. Парфёнов, М. И. Кузьмин. — М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. — 571 с.
15. **Хильчевский В. К., Чеботько К. А.** Оценка эколого-гидрохимического состояния природных вод Украины // Водные ресурсы. — 1994. — Т. 21, № 2. — С. 182–188.
16. **Лозовик П. А., Бородулина Г. С.** Соединения азота в поверхностных и подземных водах Карелии // Водные ресурсы. — 2009. — Т. 36, № 6. — С. 694–704.
17. **Петрова Е. И.** Почвы Южной Якутии. — Якутск: Якут. кн. изд-во, 1971. — 169 с.
18. **Перельман А. И.** Геохимия природных вод. — М.: Наука, 1982. — 154 с.
19. **Геология Якутской АССР** / Ред. Л. И. Красный. — М.: Недра, 1981. — 300 с.
20. **Ресурсы** поверхностных вод СССР. Т. 17: Лено-Индигирский район. / Ред. А. В. Шестаков. — Л.: Гидрометеоздат, 1967. — 447 с.
21. **Ресурсы** поверхностных вод СССР. Т. 17: Лено-Индигирский район / Ред. А. В. Шестаков. — Л.: Гидрометеоздат, 1975. — 407 с.

Поступила в редакцию 11 марта 2015 г.