

Экология

УДК 556.314+556.535.8

<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-92-102>

Мониторинг химического состава поверхностных вод в зоне хозяйственного освоения Амуро-Якутской железнодорожной магистрали

Л.И. Кузнецова, А.П. Чевычелов*

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

**chev.soil@list.ru*

Аннотация. Был проведен краткосрочный (2007–2017 гг.) и долгосрочный (1965, 1967–2017 гг.) мониторинг химического состава поверхностных вод в зоне хозяйственного освоения Амуро-Якутской железнодорожной магистрали на территории Южной Якутии. По результатам проведенного краткосрочного мониторинга можно утверждать, что химический состав большей части исследуемых рек Южной Якутии в настоящее время изменяется незначительно. Все изменения состава данных вод находятся в пределах сезонной вариабельности их содержаний и величин, обусловленных, главным образом, природными факторами. Значимое антропогенное и техногенное влияние за отмеченный период наблюдений по нашему мнению проявилось только на 3 малых реках, таких как Сылгылыр, Мундуруччу и Лютенга. Что касается результатов долгосрочного мониторинга, проведенного в районах угледобычи и золотодобычи на территории Южной Якутии, то нами выявлены значимые изменения химического состава рр. Чульман и Алдан, как следствие влияния техногенеза в ходе 30–40-летнего периода промышленного освоения Южной Якутии. При этом изменения всех химических показателей на рр. Чульман и Алдан не превышают их предельно допустимых концентраций, соответствующих для вод питьевого водоснабжения. Изменения химических показателей вод рр. Чульман и Алдан за период 2007–2017 гг. свидетельствуют о том, что техногенная нагрузка на р. Чульман постепенно снижается, а на р. Алдан не ослабевает.

Ключевые слова: поверхностные воды, химический состав, ионы и биогенные элементы, изменение, мониторинг.

<https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-92-102>

Chemical composition monitoring of surface waters in the development zone of the Amur-Yakutsk Mainline

L.I. Kuznetsova, A.P. Chevychelov*

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia

**chev.soil@list.ru*

Abstract. A short-term (2007–2017) and long-term (1965, 1967–2017) monitoring of chemical composition of surface waters in the development zone of the Amur-Yakutsk Mainline (AYAM) in the territory of southern Yakutia were conducted. According to the results of the short-term monitoring, the chemical composition of most of the rivers studied in southern Yakutia varied insignificantly. All recorded changes in the chemical composition of these waters were within the seasonal variation of their contents and values caused primarily by natural factors. In our opinion, significant anthropogenic and technogenic influence over the observation period was recorded only on 3 small rivers, including the Sylgylyr, Mundruchuch and the Lyutenga rivers. As the result of the long-term monitoring conducted in the coal and gold mining areas in the territory of southern Yakutia, we have identified significant changes in chemical composition of the Chulman and Aldan rivers, as the result of technogenic influence during the 30–40-year period of industrial development of southern Yakutia. At

the same time, changes in all chemical indicators in waters of the Chulman and Aldan rivers do not exceed their maximum allowable values and meet the standards for drinking water supplies. Changes in chemical indicators in waters of the Chulman and Aldan rivers during the period of 2007–2017 indicate that technogenic stress on the Chulman River is gradually decreasing, and remains at the same level on the Aldan River.

Key words: surface water, chemical composition, ions and nutrients, change, monitoring.

Введение

Воздействие хозяйственной деятельности на водоемы трудно переоценить, так как любые промышленные, сельскохозяйственные или бытовые загрязняющие вещества, попав в почву или воздух, в итоге оказываются в воде природных водоемов. Для эффективного решения проблемы рационального водопотребления и составления прогнозов необходимо иметь информацию об интенсивности и характере антропогенной нагрузки [1].

Краткосрочный (2007–2017 гг.) и долгосрочный (1965, 1967–2017 гг.) мониторинг был осуществлен нами в зоне хозяйственного освоения Амуро-Якутской железнодорожной магистрали (трасса АЯМ) на территории Центральной, и в большей мере Южной Якутии, которая представляет собой полосу шириной 10 км (по 5 км в стороны от оси железнодорожного пути), ориентированную в северо-восточном направлении от г. Нерюнгри – г. Якутск [2].

Южная Якутия в настоящее время превращается в сплошной техногенный полигон в связи с интенсивным развитием здесь горнодобывающей промышленности, энергетики и транспорта. Мощное антропогенное воздействие на экосистемы Южной Якутии неизбежно приводит к изменению химического состава поверхностных вод. Однако исследования поверхностных вод в техногенных зонах данного региона выполнены эпизодически и фрагментарно и еще в меньшей степени, чем в естественных ландшафтах.

Исследования, направленные на изучение химического состава и свойств поверхностных вод естественных и техногенных ландшафтов Якутии, были проведены в свое время разными авторами [3–6]. Анализ содержания данных опубликованных работ убеждает в том, что речные системы криолитозоны в настоящее время являются наименее исследованными в России, и их изученность во многом не соответствует степени и перспективам экономического развития Российской Арктики.

Основной целью представленной статьи являлось исследование краткосрочных (10-летних) и долгосрочных (30–40-летних) изменений гидрохимических показателей поверхностных вод в зоне хозяйственного освоения АЯМ.

Объекты и методы

Рассматриваемый нами район исследований

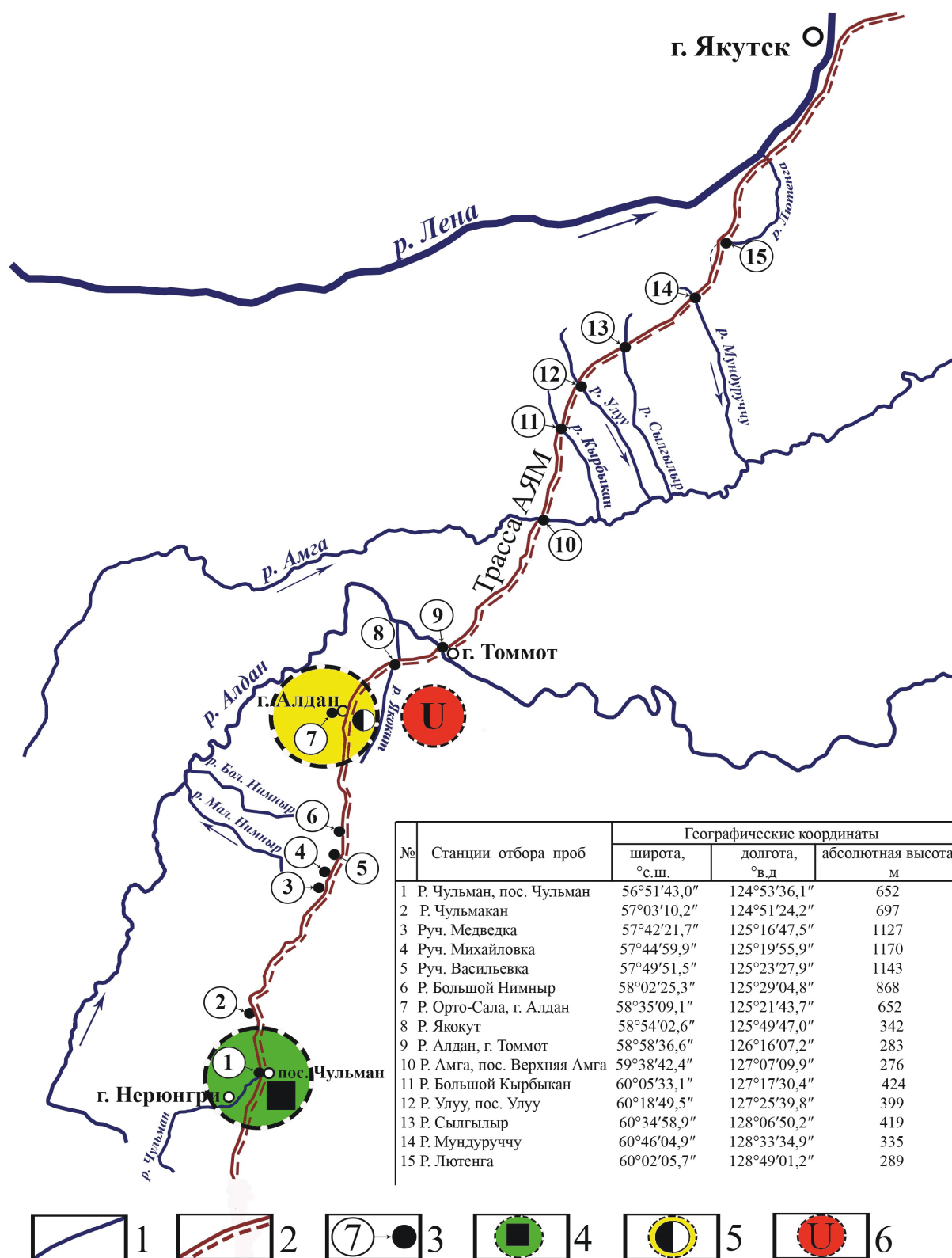
охватывает обширный регион – Южную Якутию. Область исследований примерно может быть ограничена географическими координатами 56–60° с.ш. и 120–130° в.д. При экологической оценке и нормировании качества изучаемых поверхностных вод использовались предельно допустимые концентрации (ПДК) изучаемых элементов и соединений, установленные санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнений [7].

Исследуемая территория в целом характеризуется очень контрастным литогеохимическим фоном, преимущественно горным рельефом, холодным гумидным климатом, преобладанием в покрове таежной растительности и несплошным распространением многолетней мерзлоты [8].

Краткосрочные (2007–2017 гг.) изменения химического состава исследуемых водотоков проводились нами в зоне хозяйственного освоения АЯМ на 15 водных станциях (рисунок). Долгосрочные эколого-гидрохимические исследования проводились нами в Нерюнгринском угольном и Алданском золотопромышленном районах Южной Якутии, охваченных многолетними промышленными разработками минерального сырья, на рр. Чульман и Алдан. При этом основными источниками техногенного загрязнения данных рек здесь являются отвалы Нерюнгринского угольного разреза и дражные полигоны Центрально-Алданского золотоносного района.

Водные пробы преимущественно отбирались в период летне-осенней межени, как правило, в первую декаду августа. При определении гидрохимических показателей исследуемых вод использовался ряд стандартных аналитических методов, точность определения которых составляла $\pm 10\%$ [9]. Всего было отобрано 45 водных проб и проведено 386 элементопределений, при этом 97 % всего объема аналитических работ было выполнено в аналитической лаборатории ИБПК СО РАН. Большая часть используемых нами методов относится к классическим и до последнего времени применялась в практике аналитических работ сотрудниками научных институтов и Гидрометеослужбы РФ. Это позволяет нам с большой долей вероятности сопоставлять результаты наших наблюдений с данными предшественников [10] при проведении сравнительно-аналитических работ.

Привязка точек наблюдения на местности проводилась с помощью спутникового приемника-навигатора GPS-eTraxVista. При этом погрешность



Карта-схема исследуемой территории М 1: 3000 000:

1 – реки; 2 – трасса Амуро-Якутской железнодорожной магистрали; 3 – точки отбора водных проб; 4 – Нерюнгринский угольный район; 5 – Алданский золотопромышленный район; 6 – Эльконский ураново-рудный район

Map-scheme of the investigated territory М 1: 3000 000:

1 – rivers; 2 – Amur-Yakutsk railway; 3 – water sampling points; 4 – Neryungri coal region; 5 – Aldan gold mining region; 6 – Elkon uranium ore region

МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

определения географических координат местности (долготы, широты и абсолютной высоты) при работе в режиме DGPS(USGC) составляла 3–5 м с вероятностью 95 %.

Результаты и обсуждение

На изучаемых нами ручьях и реках в период проведения краткосрочного эколого-гидрохимического мониторинга водные пробы были отобраны в летне-осеннюю межень 2007, 2012 и 2017 гг., т.е. через 5-летний период. Исследуемые годы наблюдений отличались друг от друга по климатическим условиям. Так 2007 г. был более влажный, а 2012 и 2017 гг. – более сухие, так как в эти

годы выпало меньше атмосферных осадков, при этом 2017 г. также характеризовался меньшим увлажнением по сравнению с 2012 г. [11]. В связи с этим в 2012 и 2017 гг. большая часть исследуемых водотоков отличалась меньшей водностью по сравнению с 2007 г.

Увеличение водности двойственно влияет на химический состав воды, с одной стороны, вода обогащается веществами, поступающими дополнительно в результате усиления процессов размыва и растворения твердых пород, а с другой, снижаются концентрации химических веществ антропогенного происхождения из-за больше-

Т а б л и ц а 1

Ионный состав поверхностных вод Южной Якутии в летне-осеннюю межень
03–05.08.2007 г.

Т а б л и ц а 1

The ionic composition of the surface waters of Southern Yakutia in the summer-autumn
low flow period 03–05.08.2007

№ стан- ций	Участок	pH	Ионы, мг/л / % экв.							Сумма ионов, мг/л
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
1	Р. Чульман, пос. Чульман	7,1	<u>16,6</u> 27,5	<u>5,1</u> 13,9	<u>6,0</u> 8,6	Сл.*	<u>64,1</u> 34,8	<u>20,8</u> 14,3	<u>1,0</u> 0,9	113,6
2	Р. Чульмакан	6,8	<u>11,6</u> 31,5	<u>2,6</u> 11,4	<u>3,0</u> 7,1		<u>47,6</u> 42,4	<u>5,9</u> 6,6	<u>0,7</u> 1,0	71,4
3	Руч. Медведка	7,6	<u>5,4</u> 27,9	<u>2,1</u> 17,6	<u>1,0</u> 4,5		<u>24,4</u> 41,1	<u>3,1</u> 6,7	<u>0,7</u> 1,9	36,7
4	Руч. Михайловка	7,6	<u>4,4</u> 24,3	<u>2,3</u> 20,9	<u>1,0</u> 4,8		<u>21,4</u> 38,6	<u>4,5</u> 10,4	<u>0,3</u> 1,0	33,9
5	Руч. Васильевка	7,5	<u>2,6</u> 22,9	<u>1,3</u> 19,4	<u>1,0</u> 7,7		<u>14,0</u> 40,6	<u>2,1</u> 7,8	<u>0,3</u> 1,6	21,3
6	Р. Большой Нимныр	7,9	<u>12,0</u> 28,8	<u>4,9</u> 19,2	<u>1,0</u> 2,0		<u>48,8</u> 38,3	<u>10,8</u> 10,8	<u>0,7</u> 0,9	78,2
7	Р. Орто-Сала, г. Алдан	7,9	<u>26,5</u> 27,5	<u>10,7</u> 18,4	<u>4,0</u> 3,6	<u>1,0</u> 0,5	<u>122,7</u> 41,9	<u>17,8</u> 7,7	<u>0,7</u> 0,4	183,4
8	Р. Якокут	7,5	<u>19,0</u> 25,6	<u>8,4</u> 18,6	<u>5,0</u> 5,8	Сл.	<u>87,9</u> 38,8	<u>19,6</u> 11,0	<u>0,3</u> 0,2	140,2
9	Р. Алдан, г. Томмот	7,6	<u>17,6</u> 24,8	<u>8,3</u> 19,1	<u>5,0</u> 6,1		<u>84,2</u> 38,8	<u>18,2</u> 10,7	<u>0,7</u> 0,5	134,0
10	Р. Амга, пос. Верхняя Амга	7,9	<u>43,3</u> 28,2	<u>17,7</u> 19,0	<u>5,0</u> 2,8		<u>195,3</u> 41,7	<u>29,7</u> 8,1	<u>0,7</u> 0,2	291,7
11	Р. Большой Кырбыкан	7,7	<u>26,1</u> 26,5	<u>11,9</u> 20,0	<u>4,0</u> 3,5		<u>126,9</u> 42,4	<u>17,1</u> 7,2	<u>0,7</u> 0,4	186,7
12	Р. Улуу, пос. Улуу	7,7	<u>24,7</u> 25,8	<u>11,9</u> 20,6	<u>4,0</u> 3,6		<u>123,3</u> 42,4	<u>16,6</u> 7,2	<u>0,7</u> 0,4	181,2
13	Р. Сылгылыр	6,9	<u>18,0</u> 26,1	<u>8,1</u> 19,4	<u>3,0</u> 3,8	<u>1,0</u> 0,7	<u>87,9</u> 41,7	<u>12,8</u> 7,7	<u>0,7</u> 0,6	131,5
14	Р. Мундуруччу	6,8	<u>9,0</u> 25,0	<u>3,3</u> 15,0	<u>3,0</u> 7,2	<u>2,0</u> 2,8	<u>28,1</u> 25,5	<u>20,3</u> 23,5	<u>0,7</u> 1,0	66,4
15	Р. Лютенга	7,2	<u>24,0</u> 32,6	<u>4,9</u> 10,8	<u>5,0</u> 5,9	<u>1,0</u> 0,7	<u>89,7</u> 39,9	<u>16,6</u> 9,3	<u>0,9</u> 0,8	142,1

*Сл. – следовое содержание элемента.

го разбавления сбросов [12]. В связи с этим как в 2012 г., так и в 2017 г. в водах большей части исследуемых малых и средних рек и ручьев отмечалось увеличение их общей минерализации по сравнению с 2007 г. Исключение из этого составляли крупные реки исследуемого региона, такие как Чульман, Амга и Алдан. При этом наибольшее относительное увеличение суммы ионов (в 1,6–2,2 раза) наблюдалось в водах рр. Сылгылыр, Мундуруччу и Лютенга (табл. 1–3).

В 2007 г. по значениям реакции среды семь водотоков относились к нейтральным водам со значениями рН от 6,8 до 7,5 и восемь – к слабощелочным водам с показателями рН от 7,6 до 7,9 (табл.1). В 2012 г., так же как и в 2017 г., значения

рН в большей части исследуемых рек и ручьев повысились. Так в 2012 г. пять водотоков относились к нейтральным водам со значениями рН 7,4 – 7,5, а десять – уже к слабощелочным водам с показателями рН 7,7 – 8,4 (табл. 2). В 2017 г. значения рН исследуемых вод еще больше сдвинулись в щелочную сторону, так в это время только три водотока относились к нейтральным с рН 7,0–7,4, восемь – к слабощелочным с рН 7,6–7,9 и четыре – к щелочным с показателями рН 8,0–8,1 (табл. 3). За этот период самое высокое относительное повышение значений рН (на 0,7–0,9) отмечалось на рр. Сылгылыр и Лютенга. На большей части остальных исследуемых водотоков в период 2007–2017 гг. относительное изменение

Т а б л и ц а 2

**Ионный состав поверхностных вод Южной Якутии в летне-осеннюю межень
05–06.08.2012 г.**

Т а б л и ц а 2

**The ionic composition of the surface waters of Southern Yakutia in the summer-autumn
low flow period
05–06.08.2012**

№ станций	Участок	рН	Ионы, мг/л / % экв.							Сумма ионов, мг/л
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
1	Р. Чульман, пос. Чульман	7,2	<u>13,8</u> 31,6	<u>2,8</u> 10,5	<u>3,6</u> 7,1	<u>0,7</u> 0,8	<u>42,7</u> 32,1	<u>18,3</u> 17,4	<u>0,4</u> 0,5	82,3
2	Р. Чульмакан	6,7	<u>9,6</u> 30,2	<u>1,8</u> 9,4	<u>3,6</u> 9,8	<u>0,4</u> 0,6	<u>30,8</u> 31,8	<u>13,4</u> 17,4	<u>0,4</u> 0,8	60,0
3	Руч. Медведка	7,5	<u>6,6</u> 25,1	<u>2,1</u> 12,9	<u>3,3</u> 10,9	<u>0,6</u> 1,1	<u>24,4</u> 30,4	<u>11,8</u> 18,7	<u>0,4</u> 0,9	49,2
4	Руч. Михайловка	7,5	<u>5,4</u> 20,6	<u>2,7</u> 16,8	<u>3,5</u> 11,8	<u>0,4</u> 0,8	<u>21,9</u> 27,5	<u>13,5</u> 21,6	<u>0,4</u> 0,9	47,8
5	Руч. Васильевка	7,7	<u>3,2</u> 18,4	<u>1,5</u> 13,8	<u>3,4</u> 17,0	<u>0,3</u> 0,9	<u>13,4</u> 25,2	<u>9,8</u> 23,4	<u>0,4</u> 1,4	32,0
6	Р. Большой Нимыр	7,9	<u>14,6</u> 25,9	<u>6,9</u> 20,2	<u>2,3</u> 3,5	<u>0,5</u> 0,4	<u>56,8</u> 32,9	<u>22,2</u> 16,3	<u>0,7</u> 0,7	104,0
7	Р. Орто-Сала, г. Алдан	7,9	<u>30,1</u> 29,1	<u>10,6</u> 16,9	<u>3,8</u> 3,2	<u>1,5</u> 0,8	<u>113,2</u> 36,0	<u>33,2</u> 13,4	<u>0,9</u> 0,6	193,3
8	Р. Якокут	7,8	<u>21,6</u> 27,6	<u>9,2</u> 19,5	<u>1,7</u> 1,9	<u>1,5</u> 1,0	<u>85,1</u> 35,7	<u>26,2</u> 14,0	<u>0,4</u> 0,3	145,7
9	Р. Алдан, г. Томмот	7,8	<u>15,4</u> 25,4	<u>7,4</u> 20,1	<u>2,7</u> 3,8	<u>0,8</u> 0,7	<u>60,4</u> 32,7	<u>24,1</u> 16,5	<u>0,9</u> 0,8	111,7
10	Р. Амга, пос. Верхняя Амга	8,1	<u>37,5</u> 24,0	<u>23,4</u> 24,7	<u>1,7</u> 1,0	<u>1,0</u> 0,3	<u>155,6</u> 32,7	<u>63,7</u> 17,0	<u>0,9</u> 0,3	283,8
11	Р. Большой Кырбыкан	7,9	<u>31,1</u> 27,2	<u>14,9</u> 21,6	<u>1,2</u> 1,0	<u>0,4</u> 0,2	<u>129,9</u> 37,4	<u>32,6</u> 11,9	<u>1,3</u> 0,6	211,4
12	Р. Улуу, пос. Улуу	7,9	<u>39,1</u> 26,1	<u>20,0</u> 22,1	<u>2,7</u> 1,6	<u>0,6</u> 0,2	<u>166,6</u> 36,6	<u>46,0</u> 12,8	<u>1,6</u> 0,6	276,6
13	Р. Сылгылыр	7,4	<u>26,9</u> 23,7	<u>15,9</u> 23,2	<u>3,2</u> 2,5	<u>1,3</u> 0,6	<u>123,9</u> 35,9	<u>34,9</u> 12,9	<u>2,4</u> 1,2	208,5
14	Р. Мундуруччу	7,4	<u>19,4</u> 29,0	<u>7,0</u> 17,3	<u>2,6</u> 3,4	<u>0,4</u> 0,3	<u>66,5</u> 32,5	<u>27,1</u> 16,9	<u>0,7</u> 0,6	123,7
15	Р. Лютенга	7,3	<u>47,1</u> 34,1	<u>9,7</u> 11,6	<u>6,3</u> 4,0	<u>0,8</u> 0,3	<u>157,1</u> 37,5	<u>39,9</u> 12,0	<u>1,1</u> 0,5	262,0

Ионный состав поверхностных вод Южной Якутии в летне-осеннюю межень
06.08.2017 г.

The ionic composition of the surface waters of South Yakutia
in the summer-autumn low flow period
06.08.2017

№ станций	Участок	рН	Ионы, мг/л / % экв.							Сумма ионов, мг/л
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
1	Р. Чульман, пос. Чульман	7,4	<u>11,6</u> 29,3	<u>2,6</u> 10,6	<u>4,2</u> 9,2	<u>0,7</u> 0,9	<u>36,6</u> 30,3	<u>16,8</u> 17,7	<u>1,4</u> 2,0	73,9
2	Р. Чульмакан	7,0	<u>11,8</u> 30,8	<u>2,4</u> 10,4	<u>3,5</u> 8,1	<u>0,5</u> 0,7	<u>45,8</u> 39,1	<u>9,2</u> 10,0	<u>0,6</u> 0,9	73,8
3	Руч. Медведка	7,7	<u>6,4</u> 24,6	<u>2,3</u> 14,6	<u>2,8</u> 9,3	<u>0,8</u> 1,5	<u>30,5</u> 38,4	<u>6,5</u> 10,4	<u>0,6</u> 1,2	49,9
4	Руч. Михайловка	7,6	<u>6,0</u> 23,0	<u>2,7</u> 16,8	<u>2,9</u> 9,5	<u>0,3</u> 0,7	<u>27,8</u> 34,4	<u>9,0</u> 14,4	<u>0,6</u> 1,2	49,3
5	Руч. Васильевка	7,4	<u>3,2</u> 19,8	<u>1,4</u> 14,8	<u>2,7</u> 14,7	<u>0,2</u> 0,7	<u>19,5</u> 39,6	<u>3,5</u> 8,9	<u>0,4</u> 1,5	30,9
6	Р. Большой Нимныр	8,0	<u>16,8</u> 28,3	<u>6,8</u> 18,9	<u>1,7</u> 2,5	<u>0,3</u> 0,3	<u>67,7</u> 37,4	<u>16,8</u> 11,8	<u>0,8</u> 0,8	110,9
7	Р. Орто-Сала, г. Алдан	8,2	<u>39,5</u> 28,6	<u>17,0</u> 20,4	<u>0,3</u> 0,2	<u>2,2</u> 0,8	<u>175,7</u> 41,9	<u>25,8</u> 7,8	<u>0,8</u> 0,3	261,3
8	Р. Якокут	7,9	<u>22,2</u> 28,2	<u>9,3</u> 19,6	<u>1,2</u> 1,4	<u>1,3</u> 0,8	<u>98,2</u> 40,9	<u>16,2</u> 8,6	<u>0,7</u> 0,5	149,1
9	Р. Алдан, г. Томмот	7,9	<u>18,2</u> 26,6	<u>8,4</u> 20,2	<u>2,2</u> 2,7	<u>0,6</u> 0,5	<u>82,9</u> 39,8	<u>15,2</u> 9,3	<u>1,1</u> 0,9	128,6
10	Р. Амга, пос. Верхняя Амга	8,1	<u>38,1</u> 27,3	<u>18,6</u> 21,9	<u>0,9</u> 0,6	<u>0,6</u> 0,2	<u>169</u> 39,7	<u>32,8</u> 9,8	<u>1,1</u> 0,5	261,1
11	Р. Большой Кырбыкан	8,0	<u>37,1</u> 28,4	<u>16,5</u> 20,9	<u>0,9</u> 0,6	<u>0,3</u> 0,1	<u>164,7</u> 41,5	<u>25,1</u> 8,0	<u>1,1</u> 0,5	245,7
12	Р. Улуу, пос. Улуу	7,8	<u>27,8</u> 26,4	<u>14,2</u> 22,3	<u>1,4</u> 1,2	<u>0,2</u> 0,1	<u>131,2</u> 40,9	<u>21,4</u> 8,5	<u>1,1</u> 0,6	197,4
13	Р. Сылгылыр	7,8	<u>36,7</u> 23,9	<u>22,8</u> 24,5	<u>2,4</u> 1,4	<u>0,7</u> 0,2	<u>195,3</u> 41,7	<u>28,3</u> 7,7	<u>1,5</u> 0,6	287,7
14	Р. Мундуруччу	7,6	<u>21,4</u> 31,2	<u>6,6</u> 15,8	<u>2,2</u> 2,8	<u>0,2</u> 0,2	<u>74,7</u> 35,6	<u>21,5</u> 13,1	<u>1,5</u> 1,3	128,1
15	Р. Лютенга	7,9	<u>51,1</u> 31,0	<u>15,1</u> 15,0	<u>6,9</u> 3,7	<u>0,9</u> 0,3	<u>216,6</u> 43,1	<u>23,3</u> 5,9	<u>2,9</u> 1,0	316,8

рН составляло 0,1–0,4 единицы.

В 2007 г. по значениям общей суммы ионов шесть исследуемых водотоков из 15 относились к водам рек с очень малой минерализацией (21,3–78,2 мг/л), восемь – с малой минерализацией (113,6–186,7 мг/л), а воды р. Амга (291,7 мг/л) – со средней минерализацией (табл. 1). В 2012 г. пять из 15 исследуемых рек и ручьев относились к водам рек с очень малой минерализацией (30,9–73,9 мг/л), пять – с малой минерализацией (104,0–193,3 мг/л), а пять – к водам рек со средней минерализацией (208,5–283,8 мг/л) (табл. 2). В 2017 г. содержание общей суммы ионов, так же как и значение рН в изучаемых водах, в большей степени возросло, при этом, так же как и в 2012 г., только пять из 15 исследуемых водотоков относились к водам рек с очень малой минерализацией (30,9–73,9 мг/л), пять – с малой минерализацией (104,0–193,3 мг/л), а пять – к водам рек со средней минерализацией (208,5–283,8 мг/л) (табл. 2).

В 2017 г. содержание общей суммы ионов, так же как и значение рН в изучаемых водах, в большей степени возросло, при этом, так же как и в 2012 г., только пять из 15 исследуемых водотоков относились к водам рек с очень малой минерализацией (30,9–73,9 мг/л), пять – с малой минерализацией (104,0–193,3 мг/л), а пять – к водам рек со средней минерализацией (208,5–283,8 мг/л) (табл. 2).

рализацией (110,9–197,4 мг/л) и пять – со средней минерализацией (245,7–316,8 мг/л) (табл. 3). За исследуемый 10-летний период все изучаемые ручьи и реки данного региона характеризовались таким же типом химического состава, т.е. гидрокарбонатно-кальциевым.

Следовательно, по результатам проведенного краткосрочного гидрохимического мониторинга 2007–2017 гг. можно утверждать, что химический состав исследуемых рек Южной Якутии в настоящее время изменяется незначительно. Все данные отмеченные изменения состава этих вод находятся в пределах сезонной вариабельности их содержаний и величин, обусловленных, главным образом, природными климатическими факторами. Значимое техногенное влияние за отмеченный период наблюдений по нашему мнению проявилось только на малых реках данного региона, таких как Сылгылыр, Мундуруччу и Лютенга, где существенно (в 1,6–2,2 раза) повысились их минерализация, как и содержание отдельных ионов, а также значения рН. Последнее связано, прежде всего, с проведением инженерно-технических работ (разработка карьеров, сооружение насыпей и мостовых переходов) в долинах данных водотоков при строительстве АЯМ. Именно на этом заключительном отрезке этой железнодорожной магистрали между рр. Улуу и Лютенга в последние годы строительные работы проводились наиболее интенсивно.

Как указывалось выше, долговременные изменения гидрохимических показателей поверхностных вод Южной Якутии исследовались нами в Нерюнгринском угольном и Алданском золото-промышленных районах.

Основная река в Нерюнгринском районе – р. Чульман с ее притоками – рр. Верхней и Нижней Нерюнгри, подверженными воздействию со стороны Нерюнгринского угольного разреза в форме, главным образом, аэральных (минеральная и

угольная пыль) и гидрогенных (поверхностные стоки) загрязнений [13, 14].

Необходимо отметить изменение гидрохимических показателей поверхностных вод в данном районе как следствие влияния угледобычи в сравнительном аспекте. Для этого использовались данные по химическому составу воды р. Чульман, полученные в 1965 г. [10] до начала формирования данного комплекса и в 2007 г. (после 30-летнего периода эксплуатации Нерюнгринского угольного разреза) (табл. 4, 5). В связи с этим нужно констатировать, что вследствие влияния техногенеза химические показатели воды р. Чульман значительно изменились. Так, значение рН увеличилось на 0,5, общая минерализация и жесткость воды возросли более чем в 3 раза, в то время как тип воды остался неизменным (гидрокарбонатно-кальциевым) (табл. 4). Также в 5 раз возросло содержание нитратов и более чем в 3 раза $P_{\text{общ}}$ (табл. 5). Вместе с тем следует подчеркнуть, что за последний 10-летний период 2007–2017 гг. минерализация воды р. Чульман, как и содержание отдельных ионов, последовательно уменьшаются с 113,6 мг/л в 2007 г. до 82,3 и 73,9 мг/л соответственно в 2012 и 2017 гг. (табл. 1–3). Это однозначно указывает о постепенном снижении техногенной нагрузки на эту реку со стороны угледобывающей промышленности в связи с сокращением объемом открытой добычи каменных углей в данном районе.

Учитывая значимость изменения гидрохимических показателей р. Чульман в районах угледобычи, также следует отметить, что все их значения не превышают предельно допустимые концентрации, предусмотренные ГОСТ СанПиН [7].

Следовательно, в настоящее время, как и раньше, вода р. Чульман отвечает гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству вод, и вполне может быть использована для питьевого водоснабжения без всякого риска и опасности для здоровья проживающего здесь населения.

Т а б л и ц а 4

Изменение ионного состава воды р. Чульман в летне-осеннюю межень

Т а б л и ц а 4

Dynamics in the ionic composition of Chulman river water in the summer-autumn low flow period

Участок	Дата отбора проб	рН	Ионы, мг/л / % экв.							Сумма ионов, мг/л
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	
Р. Чульман – пос. Чульман	04.08. 1965	6,6	<u>6,2</u> 33,0	<u>1,2</u> 10,7	<u>1,5</u> 6,3		<u>21,3</u> 37,3	<u>3,7</u> 8,5	<u>1,3</u> 4,2	35,2
Р. Чульман – пос. Чульман	03.08. 2007	7,1	<u>16,6</u> 27,5	<u>5,1</u> 13,9	<u>6,0</u> 8,6	Сл.	<u>64,1</u> 34,8	<u>20,8</u> 14,3	<u>1,0</u> 0,9	113,6

Таблица 5

**Изменение содержания биогенных элементов в воде р. Чульман
в летне-осеннюю межень, мг/л**

Table 5

**The change in the content of biogenic elements in the water p. Chulman in summer-autumn
low-flow period, mg / l**

Участок	Дата отбора проб	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	$\text{P}_{\text{мин}}$	$\text{P}_{\text{общ}}$	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	Si
Р. Чульман – пос. Чульман	04.08. 1965	—*	0,003	0,05	—	0,003	0,02	4,10
Р. Чульман – пос. Чульман	03.08. 2007	0,195	0,007	0,25	0,005	0,010	0,05	3,94

* Здесь и далее прочерк – значение показателя не определено.

Таблица 6

Изменение ионного состава воды р. Алдан в летне-осеннюю межень

Table 6

Dynamics in the ionic composition of water p. Aldan in the summer-autumn low flow period

Участок	Дата отбора проб	pH	Ионы, мг/л / % экв.							Сумма ионов, мг/л
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	
Р. Алдан, г. Томмот	02.08. 1967	-	<u>13,2</u> 28,7	<u>5,2</u> 18,7	<u>1,5</u> 2,6		<u>57,3</u> 40,9	<u>7,7</u> 7,0	<u>1,6</u> 2,1	86,5
Р. Алдан, г. Томмот	05.08. 2007	7,6	<u>17,6</u> 24,8	<u>8,3</u> 19,1	<u>5</u> 6,1	сл.	<u>84,2</u> 38,8	<u>18,2</u> 10,7	<u>0,7</u> 0,5	134,0

Таблица 7

**Изменение содержания биогенных элементов в воде р. Алдан
в летне-осеннюю межень, мг/л**

Table 7

**Dynamics in the content of biogenic elements in the water p. Aldan
summer-autumn low flow period, mg / l**

Участок	Дата отбора проб	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-	$\text{P}_{\text{мин}}$	$\text{P}_{\text{общ}}$	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	Si
Р. Алдан, г. Томмот	02.08. 1967	-	0,001	0,04	-	0,001	0,01	2,5
Р. Алдан, г. Томмот	05.08. 2007	0,085	0,032	0,10	0,0046	0,005	0,06	4,1

В северной части Алдано-Тимптонского междуречья на территории Южной Якутии находится золотодобывающий комплекс Алданского промышленного района (рисунок). Алданский золотоносный район является старейшим горнодобывающим регионом на Северо-Востоке России, добыча золота ведется здесь более века.

Гидрографическая сеть исследуемого района представлена малыми и средними реками – правосторонними притоками основной р. Алдан. Необходимо отметить изменение химического состава воды р. Алдан за истекший 40-летний период [10], как следствие её техногенного загрязнения промышленно-бытовыми стоками. Так общая минерализация здесь увеличилась в 1,5 раза, а содержание NO_2^- возросло в 32 раза, NO_3^- – в 2,8, $\text{P}_{\text{общ}}$ – в 5, $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – в 6 и Si – в 1,6 раза (табл. 6, 7). Причем как следует из показателей минерализации воды р. Алдан, отмечаемых в последний десятилетний период 2007–2017 гг., которые составляют 134,0, 111,7, 128,6 мг/л соответственно в 2007, 2012 и 2017 гг. (табл. 1–3), нужно полагать, что техногенная нагрузка на эту реку со стороны золотодобывающей промышленности в данном районе не ослабевает.

Следовательно, за более чем вековой период горнопромышленного освоения золотоносной Центрально-Алданской территории здесь сформировалась сложная обстановка антропогенных воздействий на природную среду, в том числе и на поверхностные воды. Следствием чего является значимое изменение химического состава р. Алдан, фиксируемое за истекший 40-летний период техногенного воздействия. При этом изменения всех исследуемых гидрохимических показателей здесь также не превышают их предельно допустимых концентраций, соответствующих для вод питьевого водоснабжения.

Выводы

1. Химический состав большей части исследуемых рек Южной Якутии в настоящее время изменяется незначительно. Все отмеченные изменения состава данных вод находятся в пределах сезонной вариабельности их содержаний и величин, обусловленных, главным образом, природными факторами. Значимое антропогенное и техногенное влияние за период наблюдений по нашему мнению проявилось только на 3 малых реках, таких как Сылгылыр, Мундуруччу и Лютенга, где существенно повысились их минерализация, как и содержание отдельных ионов, а также значения рН.

2. Основным источником загрязнения речных вод в районах угледобычи являются растворимые компоненты пород внешних отвалов угольных разрезов. За 30-летний период эксплуата-

ции Нерюнгринского угольного разреза значительно изменился химический состав р. Чульман и ее притоков. Так, значение рН воды р. Чульман увеличилось на 0,5 единицы, жесткость и минерализация возросли более чем в 3 раза, а содержание нитратов и $\text{P}_{\text{общ}}$ – в 5 и 3 раза соответственно. В последний период 2007–2017 гг. отмечается постепенное снижение техногенной нагрузки на р. Чульман.

3. Основным источником загрязнения речных вод в Алданском золотопромышленном районе являются промышленно-бытовые стоки, поступающие в правосторонние притоки р. Алдан. За последний 40-летний период промышленного освоения данного района значительно изменился химический состав р. Алдан. Так, общая минерализация здесь увеличилась в 1,5 раза, а содержание нитритов возросло в 32 раза, нитратов – в 2,8, общего фосфора – 5, железа общего – в 6 и кремния – в 1,6 раза. При этом в период 2007–2017 гг. техногенная нагрузка на р. Алдан не ослабевает.

4. Химический тип вод рр. Чульман и Алдан не изменился и остался гидрокарбонатно-кальциевым. В настоящее время воды данных рек могут быть использованы для питьевого водоснабжения, так как значения всех исследуемых их химических показателей не превышают предельно допустимых концентраций, предусмотренных СанПиН.

Литература

1. Червякова Н.Г., Федорова З.А., Шишкина С.А. Антропогенная нагрузка как результат хозяйственной деятельности и один из основных факторов формирования качества вод // Водные ресурсы. 1994. Т. 21, № 6. С. 742–744.
2. Чевычелов А.П., Кузнецова Л.И. Мониторинг техногенного загрязнения поверхностных вод Южной Якутии // Десятое Сибирское совещание по климатозоологическому мониторингу: Тез. рос. конф. Томск: Изд-во «Аграф-Пресс», 2013. С. 281–282.
3. Анисимова Н.П. Химический состав подземных и поверхностных вод и некоторые закономерности его изменения в районе среднего течения реки Лены. Якутск, 1959. 121 с.
4. Габышев В.А., Габышева О.И. К изучению фитопланктона и физико-химических параметров вод р. Оленек // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 3. С. 51–55.
5. Макаров В.Н. Геохимия окружающей среды Верхнеиндигирского золотоносного района // Наука и образование. 2008. № 4. С. 45–49.
6. Никитина И.Б. Геохимия ультрапресных вод мерзлотных ландшафтов (на примере Алданского нагорья). М.: Наука, 1977. 148 с.
7. Питьевая вода. Гигиенические требования

к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества СанПиН 2.1.4. 1074-01. М.: Минздрав России, 2002. 103 с.

8. Южная Якутия: мерзлотно-гидрологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / Под ред. В.А. Кудрявцева. М.: Изд-во МГУ, 1975. 444 с.

9. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 542 с.

10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1975. Т. 17. Лено-Инди́гирский район. 407 с.

11. Шве́ц Н.В., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н. Описание массива данных числа дней с осадками >1 мм на метеорологических станциях России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aisori.meteo.ru/Climate.R>.

12. Румянцева Э.А., Бобровицкая Н.Н. Многолетняя изменчивость качества воды рек Селенга и Киран на границе России и Монголии // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 3. С. 329–340.

13. Че́вычелов А.П., Кузнецова Л.И. Изменение химического состава поверхностных вод р. Чульман и её притоков в районах угледобычи // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 5. С. 612–617.

14. Кузнецова Л.И., Че́вычелов А.П. Оценка химического состава поверхностных вод в Нерюнгринском угольно-промышленном районе (Южная Якутия) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2018. Т. 23, № 1. С. 96–101.

References

1. Chervyakova N.G., Fedorova Z.A., Shishkina S.A. Antropogennaya nagruzka kak rezul'tat hozyajstvennoj deyatel'nosti i odin iz osnovnykh faktorov formirovaniya kachestva vod // Vodnye resursy. 1994. T. 21, № 6. S. 742–744.

2. Chevychelov A.P., Kuznecova L.I. Monitoring tekhnogennogo zagryazneniya poverhnostnykh vod Yuzhnoj Yakutii // Desyatoe Sibirskoe soveshchanie po klimato-ekologicheskomu monitoringu: Tez. ros. konf. Tomsk: Izd-vo «Agraf-Press», 2013. S. 281–282.

3. Anisimova N.P. Himicheskij sostav podzemnykh i poverhnostnykh vod i nekotorye zakonomernosti ego izmeneniya v rajone srednego techeniya reki Leny. Yakutsk, 1959. 121 s.

4. Gabyshev V.A., Gabysheva O.I. K izucheniyu fitoplanktona i fiziko-himicheskikh parametrov vod r. Olenek // Vestnik SVNC DVO RAN. 2010. № 3. S. 51–55.

5. Makarov V.N. Geohimiya okruzhayushchej sredy Verhneindigirskogo zolotonosnogo rajona // Nauka i obrazovanie. 2008. № 4. S. 45–49.

6. Nikitina I.B. Geohimiya ul'trapresnykh vod merzlotnykh landshaftov (na primere Aldanskogo nagor'ya). M.: Nauka, 1977. 148 s.

7. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva Sanpin 2.1.4. 1074-01. M.: Minzdrav Rossii, 2002. 103 s.

8. Yuzhnaya Yakutiya: merzlotno-gidrologicheskie i inzhenerno-geologicheskie usloviya Aldanskogo gornopromyshlennogo rajona / Pod red. V.A. Kudryavceva. M.: Izd-vo MGU, 1975. 444 s.

9. Semenov A.D. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnykh vod sushi. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 542 s.

10. Resursy poverhnostnykh vod SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1975. T. 17. Leno-Indigirskij rajon. 407 s.

11. Shvec' N.V., Razuvaev V.N., Korshunova N.N. Opisaniye massiva dannykh chisla dnei s osadkami >1 mm na meteorologicheskikh stanciyah Rossii [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://aisori.meteo.ru/Climate.R>.

12. Rumyanцева Э.А., Бобровицкая Н.Н. Многолетняя изменчивость качества воды рек Селенга и Киран на границе России и Монголии // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 3. С. 329–340.

13. Chevychelov A.P., Kuznecova L.I. Izmenenie himicheskogo sostava poverhnostnykh vod r. Chul'man i eyo pritokov v rajonah ugledobychi // Vodnye resursy. 2010. T. 37, № 5. S. 612–617.

14. Kuznecova L.I., Chevychelov A.P. Ocenka himicheskogo sostava poverhnostnykh vod v Neryungrinskom ugol'nopromyshlennom rajone (Yuzhnaya Yakutiya) // Prirodnye resursy Arktiki i Subarkтики. 2018. T. 23, № 1. S. 96–101.

Поступила в редакцию 21.02.2019

Принята к публикации 25.03.2019

Об авторах

КУЗНЕЦОВА Любовь Ивановна, инженер-исследователь, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия, 677980 г. Якутск, пр. Ленина 41, <https://orcid.org/0000-0001-8374-4782>, likkol@yandex.ru;

ЧЕВЫЧЕЛОВ Александр Павлович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Россия, 677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41,
<https://orcid.org/0000-0002-2668-9745>, chev.soil@list.ru.

About the authors

KUZNETSOVA Lyubov Ivanovna, Engineer-researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41, pr. Lenina, Yakutsk, 677980, Russia,
<https://orcid.org/0000-0001-8374-4782>, likkol@yandex.ru;
CHEVYCHELOV Aleksandr Pavlovich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41, pr. Lenina, Yakutsk, 677980, Russia,
<https://orcid.org/0000-0002-2668-9745>, chev.soil@list.ru.

Информация для цитирования:

Кузнецова Л.И., Чевычелов А.П. Мониторинг химического состава поверхностных вод в зоне хозяйственного освоения Амуро-Якутской железнодорожной магистрали // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019, Т. 24, № 1. С. 92–102. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-92-102>.

Citation:

Kuznetsova L.I., Chevychelov A.P. Chemical composition monitoring of surface waters in the development zone of the Amur–Yakutsk Mainline // Arctic and Subarctic natural resources. 2019. V. 24, no. 1. P. 92–102. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2019-24-1-92-102>.