

УДК 504.03:627.17(571.56)

## ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДЫ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ И ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

<sup>1</sup>Константинов А.Ф., <sup>2</sup>Николаева Н.А.

<sup>1</sup>ФГАОУ «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
Физико-технический институт, Якутск, e-mail: agitk@mail.ru;

<sup>2</sup>Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения  
Российской Академии наук, Якутск, e-mail: nna0848@mail.ru

Основным сельскохозяйственным регионом Центральной Якутии является Лено-Амгинское междуречье, где сосредоточено несколько административных районов. Территория характеризуется засушливым климатом, обусловленным малым количеством выпадающих осадков. Кроме того, качественное питьевое и хозяйственное водоснабжение лимитируется недостаточным количеством водных ресурсов, к которым относятся несколько малых рек и многочисленные пересыхающие термокарстовые озера с некачественной водой. Несмотря на то, что на территории междуречья реализуется строительство системы водоводов для перекачки чистой воды из р. Лены, питьевое водоснабжение сельского населения осуществляется из озер без специальной подготовки, очистки и обеззараживания. С целью выявления возможности питьевого водообеспечения сельского населения было проведено полевое исследование большинства озер одного из самых засушливых районов междуречья – Усть-Алданского. Произведен отбор проб воды на лабораторный химический анализ и дана оценка современного качественного состояния воды термокарстовых озер. В результате анализа проб воды определено, что экологическая ситуация, связанная с современным качественным состоянием питьевой воды в Усть-Алданском районе, неблагоприятна. Вода озер не отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде по органолептическим показателям (цветности, запаху и др.), по содержанию хлоридов, марганца и магния и отсутствию фтора. Таким образом, на территории улуса вопрос качественного водообеспечения все еще требует своего решения, основным из которых является завершение строительства системы водопроводов, включая строительство локальных водопроводов, водоохраных мелиоративных сооружений, очистных сооружений и других гидротехнических сооружений из р. Лены. Водоснабжение отдаленных от водоводов населенных пунктов следует ориентировать на использование воды из озер и подземных источников. Наиболее целесообразной является централизованная организация заготовки и хранения льда путем механизации добычи и транспортировки, а также сооружения вместительных подземных хранилищ.

**Ключевые слова:** Центральная Якутия, засушливость, недостаточное водоснабжение, термокарстовые озера, гидрохимический анализ, качество воды

## HYDROCHEMICAL STATE OF WATER OF SOME LAKES IN THE LENO-AMGINSKY INTERFLUVE AND WATER SUPPLY PROBLEMS OF ITS RURAL POPULATION

<sup>1</sup>Konstantinov A.F., <sup>2</sup>Nikolaeva N.A.

<sup>1</sup>North-Eastern Federal University, Physical and Technical Institute, Yakutsk, e-mail: agitk@mail.ru;

<sup>2</sup>The V.P. Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North,  
Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Yakutsk, e-mail: nna0848@mail.ru

Main agricultural region of Central Yakutia is the Leno-Amginsky interfluve, where several administrative districts are concentrated. The territory is characterized by an arid climate, caused by a low amount of precipitation. Besides, high-quality drinking and domestic water supply is limited by insufficient quantity of water resources, which include several small rivers and numerous drying thermokarst lakes with poor-quality water. Despite the fact that a construction of a water supply system in the interfluve territory is being implemented to pump clean water from the Lena River, drinking water supply of the rural population has been realized from lakes without special preparation, cleaning and disinfection. In order to identify the possibility of drinking water supply to the rural population, a field survey was conducted on majority of lakes in one of the most arid regions of the interfluve – Ust-Aldansky district. Sampling of water for laboratory chemical analysis was made, and an assessment of the current qualitative state of water in thermokarst lakes was carried out. As a result of the analysis of water samples, it is determined that the environmental situation associated with the current high quality drinking water in Ust-Aldansky district is unfavorable. The water of lakes does not meet the requirements for drinking water by organoleptic indicators, the content of chlorides, manganese and magnesium and the absence of fluorine. Thus, on the territory of the region, the issue of quality water supply still requires its solution, the main of which is the completion of the construction of a water supply system, including construction of local water pipes, water conservation land reclamation facilities, treatment facilities and other hydraulic structures from the Lena River. Water supply of localities remote from water pipes should be orientated towards use of water from lakes and underground sources. Centralized ice stocking up and storage by gaining and transportation mechanization, as well as construction of large underground repository are most expedient one.

**Keywords:** Central Yakutia, aridity, insufficient water supply, thermokarst lakes, hydrochemical analysis, water quality

Лено-Амгинское междуречье, расположенное в Центральной Якутии, является одним из наиболее засушливых регионов Республики Саха (Якутия), в котором остро стоит проблема хозяйственно-питьевого водоснабжения. Ведущей отраслью экономики региона является сельскохозяйственное производство,

представленное животноводством и выращиванием зерновых, овощных и кормовых культур [1]. Сельское хозяйство развивается в специфических природно-климатических условиях, характеризующихся сплошным распространением многолетнемерзлых пород и резко континентальным климатом, наиболее неблагоприятными последствиями которых являются очень малое среднегодовое количество осадков (200–300 мм) и недостаточное количество водных ресурсов.

Водные ресурсы Усть-Алданского района, одного из самых засушливых административных районов Лено-Амгинского междуречья, представлены весьма скудно. К ним относятся несколько малых рек, характеризующихся крайне неравномерным распределением внутригодового стока, а также многочисленные, усыхающие летом термокарстовые озера. Озера Лено-Амгинского междуречья расположены вне зон антропогенного влияния, по химическому составу различны и зависят в основном от генетического типа водоемов [2]. Небольшая глубина (1–1,5 м), бессточность, разложение остатков растительности и отходов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных приводят к ухудшению качества воды этих озер, из-за чего она становится непригодной для питьевого водопотребления без специальной подготовки, очистки и обеззараживания.

Тем не менее большая часть сельского населения традиционно потребляет ультрапресную талую ледовую воду, не отвечающую требованиям к качеству питьевой воды. Как результат, неудовлетворительное качество питьевой воды является причиной высокого уровня заболеваемости населения кишечными инфекциями бактериальной и вирусной этиологии [3].

В целях водоснабжения населенных пунктов качественной питьевой водой, а также обводнения термокарстовых озер, мелиорации земель сельскохозяйственного использования и повышения урожайности сенокосных угодий, пастбищ и посевных площадей на протяжении более чем двух десятилетий на территории Лено-Амгинского междуречья осуществляется крупный инвестиционный проект – строительство и эксплуатация водоводов для обеспечения засушливых районов водой из р. Лены [1].

Так, в течение 1993–1996 гг. на территории Усть-Алданского улуса был спроектирован и сооружен, а в 1998 г. введен

в эксплуатацию водовод р. Лена – оз. Мюрю протяженностью 73,71 км с ежегодным объемом потребления воды 2995 тыс. м [1]. В 2003–2005 гг. была разработана проектно-сметная документация второго в районе магистрального водовода – оз. Хачыдыма – с. Бэди – с. Дюпся для обеспечения питьевой водой населенных пунктов Дюпся, Остойка и Бэди с общим количеством населения 4,5 тыс. чел. Проектом были предусмотрены следующие сооружения: строительство водовода длиной 20,9 км диаметром трубы 400 мм; устройство эксплуатационной дороги протяженностью 10,9 км, водохранилищ около сел Дюпся и Бэди. Но в связи с недофинансированием это строительство в полной мере до сих пор не завершено. К настоящему времени еще ни разу не были выполнены проектные объемы перекачки воды из р. Лены этими двумя водоводами, что связано с увеличением эксплуатационных затрат на содержание водоводов и увеличением стоимости воды [1].

Таким образом, проблема обеспечения качественной водой сельскохозяйственных районов Лено-Амгинского междуречья до сих пор полностью не решена, но население для питьевых целей продолжает использовать озерную воду. В связи с этим было проведено полевое исследование большинства озер Усть-Алданского района с целью отбора проб воды на лабораторный гидрохимический анализ.

Цель исследования: дать оценку современного гидрохимического состояния термокарстовых озер Лено-Амгинского междуречья на примере Усть-Алданского района для определения возможности питьевого водообеспечения сельского населения.

#### **Материалы и методы исследования**

Отбор проб воды на гидрохимический анализ, хранение и транспортировку были произведены в соответствии с требованиями [4]. Транспортировка проб проводилась в пластиковой и стеклянной таре, обеспечивающей их сохранность.

Химический анализ воды был произведен в химической лаборатории ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по РС (Я)» по общепринятым методикам. Результаты анализов были сравнены с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) химических веществ согласно требованиям по питьевому назначению и по органолептическим показателям с действующими стандартами [5, 6].

Определены органолептические свойства воды (запах, цвет, мутность, прозрачность и т.д.), минерализация, окисляемость, щелочность, жесткость, содержание главных солей, биогенных элементов, фтора, нефтепродуктов, СПАВ, фенолов, меди, марганца, хрома общего и полифосфатов.

Всего было отобрано 12 проб воды и выполнено 360 определений.

### Результаты исследования и их обсуждение

Воды рек и озер в основном маломинерализованы, относятся к типу очень мягких и мягких вод, обедненных кальцием и магнием. Они имеют неблагоприятные органолептические свойства, местами – высокую минерализацию, крайне неудовлетворительны по бактериологическим показателям. Региональной особенностью вод Центральной Якутии является недостаток в них фтора и йода. В среднем содержание фтора в 2–2,5 (а местами в 10 раз) ниже оптимальных для здоровья величин, что вызывает необходимость фторирования воды [3].

Село Борогонцы – центр Усть-Алданского улуса. Основными источниками водоснабжения являются оз. Мастаах и подземные воды. В с. Борогонцы пробурена скважина, которая действует с 1985 г. с дебитом 90–95 куб. м/сут, однако качество воды не позволяет использовать ее для питьевых нужд, поэтому вода частично используется для технических нужд. В настоящее время скважина работает в режиме постоянной циркуляции, а вода просто сбрасывается на местность. Пробы воды отобраны из оз. Мастаах, из скважины, а также смеси воды из оз. Мастаах и скважины в пропорции 1:1.

По результатам анализа вода оз. Мастаах по солевому составу явилась гидрокарбонатно-кальциевой с малой минерализацией. По органолептическим показателям качество воды относится ко II классу (цветность, запах и мутность превышают допустимую норму). Реакция воды щелочная (рН = 9); обнаружено превышение содержания магния (1,7 ПДК) и марганца (1,8 ПДК), отсутствует фтор. По остальным показателям вода соответствует санитарным нормам.

Качество воды из скважины по органолептическим свойствам относится ко II классу (цветность 122 против 20; запах и прозрачность – на уровне ПДК). Вода сильно минерализована (сухой остаток 1175 мг/л), отмечено повышенное содержание хлоридов (1,6 ПДК) и натрия (2 ПДК); вода

по составу хлоридно-натриевая. Также отсутствует фтор. По остальным показателям превышений нормы не обнаружено.

Анализ смеси воды из оз. Мастаах и скважины показал, что по органолептическим свойствам вода относится ко II классу (превышение по цветности). Обнаружено несколько повышенное содержание по минерализации (919,1 мг/л), по составу вода хлоридно-натриевая (хлориды – 1,8 ПДК); в воде также отсутствует фтор.

Водоснабжение населения с. Кептени численностью населения около 1600 чел. осуществляется из озера Огус-Харага, расположенного в 4 км к юго-западу от села. Озеро небольшое и мелководное, длина его около 250 м, ширина 120–150 м. Максимальная глубина 2,2 м, поэтому объем воды незначительный. С озера завоз воды производится тракторами, снабженными цистернами с насосной установкой.

Анализ воды оз. Огус-Харага по органолептическим показателям также относится ко II классу в соответствии с ГОСТ 2761-84 (вода не соответствует по цветности и мутности). В воде отмечается наличие железа общего, содержание которого несколько больше допустимых норм, и также отсутствует фтор. Содержание остальных ингредиентов соответствует санитарным нормам. По составу вода озера гидрокарбонатно-магниева.

Село Дюпся с численностью населения около 1600–1700 чел., снабжается водой из нескольких озер и использует подземные воды. Так, в зимнее время население села использует воду из озера Уоттаах, расположенного в 2 км от села, а также из озера Бюлтэй (местность Луку), в 5–6 км к северу от села.

По результатам химического анализа вода озера Бюлтэй очень мягкая (жесткость 0,61 мг-экв/л), по солевому составу является маломинерализованной, гидрокарбонатно-кальциевой. По органолептическим показателям относится ко II классу (превышение ПДК по цветности). Реакция воды щелочная (рН = 8,7). Обнаружено повышенное содержание магния (1,7 ПДК) и марганца (2,2 ПДК). По другим ингредиентам вода соответствует санитарным требованиям.

Небольшое озеро Бяппи (местность Дабаадыма) расположено примерно в 7 км к югу от с. Дюпся. Качество воды в озере по органолептическим показателям также не отвечает требованиям ГОСТ и относится ко II классу (превышение по цветности

в 5 раз по сравнению с допустимыми нормами). Реакция воды щелочная –  $\text{pH} = 9,3$ ; вода жесткая – 5,81 мг-экв/л, гидрокарбонатно-магниева. Обнаружено превышение по магнию (2 ПДК), отсутствует фтор.

Село Хомустах с населением 354 чел. использует воду оз. Таастаах, расположенного в 2 км от села. Качество воды по органолептическим показателям относится ко II классу (превышение по цветности и мутности). Реакция воды слабощелочная ( $\text{pH} = 8,6$ ), вода гидрокарбонатно-магниева. Вода по показателям соответствует санитарным нормам, кроме магния (1,35 ПДК).

Село Сыырдаах населением 1050 чел. использует воду из оз. Сыырдаах, имеющего большие размеры и достаточные глубины. По качеству вода озера соответствует II классу (превышение – по цветности и мутности). Реакция воды щелочная и превышает норму ( $\text{pH} = 9,1$ ). По солевому составу вода гидрокарбонатно-кальциевая. Кроме того, отмечено высокое содержание по магнию (2,04 ПДК) и по марганцу (2,3 ПДК); по остальным показателям вода соответствует санитарным нормам.

Население с. Сайылык численностью 1030 чел. снабжается водой из оз. Сыырдаах, а с. Бэйдингэ численностью 636 чел. из оз. Бэйдингэ, в основном в виде льда. В результате химического анализа льда определено, что по органолептическим свойствам вода относится к I классу. Реакция воды нейтральная. Состав гидрокарбонатно-магниевого с превышением нормы по марганцу (1,3 ПДК). Вода очень мягкая, но отсутствует фтор. По остальным показателям вода соответствует санитарным нормативам.

Население с. Арыылаах использует воду оз. Халынгда только в виде льда, так как летом качество воды не отвечает нормативам. Анализ льда показывает, что по органолептическим показателям вода относится ко II классу (превышение по цветности и мутности). Реакция воды щелочная ( $\text{pH} = 8,9$ ); по солевому составу гидрокарбонатно-кальциевая. Обнаружено превышение по марганцу (1,8 ПДК), а также отсутствует фтор. По другим показателям вода соответствует санитарным нормативам.

Население с. Биэтгэ использует воду из озер Токур и Харах. Население численностью 700 чел. Расстояние этих озер от села около 13 км. Качество воды оз. Токур по органолептическим показателям относится ко II классу (превышение по цветности).

Реакция воды близка к нейтральной, а солевой состав гидрокарбонатно-кальциевый. Обнаружено повышенное содержание магния (1,5 ПДК), по железу общему (1,1 ПДК) и марганцу (1,01 ПДК), а также отсутствует фтор. По другим показателям вода соответствует санитарным нормам.

Вода из скважины (с. Борогонцы) сильно минерализована и не отвечает санитарным требованиям по хлоридам и натрию, а также – по отсутствию фтора.

### Выводы

Вода озер Лено-Амгинского междуречья по химическим и биологическим показателям может быть оценена как средняя и достаточно загрязненная и как непригодная для питья людей [2].

Несмотря на реализацию значительной части инвестиционного проекта по строительству магистральных водоводов в засушливых районах Центральной Якутии в целях водоснабжения населенных пунктов качественной питьевой водой, обводнения озер и мелиорации земель сельскохозяйственного использования [1], выявлено, что основным источником водоснабжения для подавляющего большинства небольших населенных пунктов Усть-Алданского района остаются статические запасы воды термокарстовых озер. В результате гидрохимического анализа проб воды определено, что экологическая ситуация, связанная с современным качественным состоянием питьевой воды в Усть-Алданском районе, неблагоприятна. Вода озер не отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде по органолептическим показателям (цветности, запаху и др.), по содержанию хлоридов, марганца и магния и отсутствию фтора.

Таким образом, на территории улуса вопрос качественного водообеспечения все еще требует своего решения или минимизации проблемы. Основным направлением является завершение строительства системы водопроводов, включая строительство локальных водопроводов, водоохраных мелиоративных сооружений, очистных сооружений и других гидротехнических сооружений из р. Лены во многих населенных пунктах Усть-Алданского и других районов Лено-Амгинского междуречья.

Водоснабжение отдаленных от трасс водоводов населенных пунктов следует ориентировать на использование воды из озер и подземных источников. Наиболее целесо-

образной представляется централизованная организация заготовки и хранения льда путем механизации добычи и транспортировки, а также сооружения вместительных подземных хранилищ.

#### Список литературы

1. Егоров Е.Н. и др. О реализации и эффективности инвестиционного мегапроекта на сельских территориях РС(Я) [Электронный ресурс]. – URL: <http://news.iltumen.ru/komentarii/2015/06/o-realizatsii-i-effektivnosti-investi> (дата обращения: 20.04.2018).
2. Ксенофонтова М.И., Ушницкая Л.А. Экологическая оценка состояния озер Лено-Амгинского междуречья // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 2. – С. 12–14.
3. Мартынова Г.А., Туренко Ф.П. Поверхностные воды Якутии как источник питьевого водоснабжения. Качество и особенности водоподготовки // Омский научный вестник. 2006. – № 3 (32). – С. 167–171.
4. ГОСТ 31861 – 2012. Вода. Общие требования к обороту проб. – Взамен ГОСТ Р 51592 – 2000; введ. 2014 – 01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 36 с.
5. Об утверждении нормативов качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Министерство сельского хозяйства РФ. Приказ № 552 от 13 декабря 2016 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 20.04.2018).
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных источников хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. ГН 2.1.5.1315-03, утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 27 апреля и введенные в действие с 15 июня 2003 года. – М., 2003.

#### References

1. Egorov E.N., Nikiforov M., Gavril'ev I. O realizatsii i effektivnosti investitsionnogo megaproekta na sel'skikh territoriyakh RS(1a). [ On the implementation and effectiveness of the investment megaproject in rural areas of the RS (Y).]. Available at: <http://news.iltumen.ru/komentarii/2015/06/o-realizatsii-i-effektivnosti-investi> (accessed 20.04.2018).
2. Ksenofontova M.I., Ushnitskaia L.A. Ecological assessment of lakes condition in Len-Amgin country between two rivers [Ekologicheskaya otsenka sostoianiiya ozer Leno-Amginskogo mezhdurech'ia ]. Problemy regional'noi ekologii – Problem of regional ecology, 2008, no. 2, pp. 12–14.
3. Martynova G.A., Turenko F.P. Surface water of Yakutia as source of drinking water supply. Quality and features of water treatment [Poverkhnostnye vody lakutii kak istochnik pit'evogo vodosnabzheniia. Kachestvo i osobennosti vodopodgotovki]. Omskii nauchnyi vestnik – Omsk scientific bulletin, 2005, vol. 3, no. 32, pp. 167–171.
4. GOST 31861 – 2012. Water. General requirements to sampling. – Instead of GOST P 51592 – 2000; введ. 2014 – 01-01. М.: Standartinform, 2013. 36 p.
5. MSKh RF Ob utverzhdenii normativov kachestva vodnykh ob'ektov rybokhoziaistvennogo znacheniia, v tom chisle normativov predel'no-dopustimyykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhoziaistvennogo znacheniia. MSKh RF. Prikaz No. 552 ot 13.12.16. [About the approval of standards of quality of water objects of fishery value, including standards of maximum-permissible concentration of harmful substances in waters of water objects of fishery value. Order No. 552 of 13.12.16]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (accessed 20.04.2018).
6. The Maximum-permissible Concentration (MPC) of chemicals in water water economic and drinking and cultural and community water use: Hygienic standards. GN 2.1.5.1315-03, approved as the Chief state health officer of the Russian Federation on April 27 and put into operation since June 15, 2003. М., 2003.