

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ РЕГИОНОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Мустафин С.К., Абишева А.В., Милушкин К.С.

*Бакирский государственный университет,
г. Уфа, Российская Федерация
sabir.mustafin@yandex.ru*

Гидрогеологические аспекты устойчивого промышленного освоения регионов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) рассматриваются. Для каждого субъекта АЗРФ оценены современное состояние и перспективы использования подземных вод для целей обеспечения населения качественной питьевой водой. Приведены общие характеристики условий водоснабжения, режима эксплуатации водозаборов, качества подземных вод, особенностей загрязнения подземных вод каждого субъекта АЗРФ.

Ключевые слова: подземные воды криолитозоны, хозяйственно питьевое водоснабжение населения АЗРФ, качество питьевых вод, ресурсы питьевых вод, техногенное загрязнение подземных вод.

Введение. Важными целями в области устойчивого развития территорий, как отмечалось в Резолюции Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/71/313 от 06.07.2017, посвящённой «Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», являются:

- к 2030 году обеспечить всеобщий и равноправный доступ к безопасной и недорогой питьевой воде для всех;
- к 2030 году повысить качество воды посредством уменьшения загрязнения, ликвидации сброса отходов и сведения к минимуму выбросов опасных химических веществ и материалов, сокращения вдвое доли неочищенных сточных вод и значительного увеличения масштабов рециркуляции и безопасного повторного использования сточных вод во всем мире;
- к 2030 году существенно повысить эффективность водопользования во всех секторах и обеспечить устойчивый забор и подачу пресной воды для решения проблемы нехватки воды и значительного сокращения числа людей, страдающих от нехватки воды [5].

Из 517 млн. человек, составляющих население восьми стран циркумполярной зоны, в экстремальных условиях высоких арктических широт постоянно проживает менее одного процента (0,88 %), в тоже время как доля северян проживающих в АЗРФ составляет 1,7 % от общего населения страны.

Материалы и методы исследований. Содержание статьи базируется на аналитическом обобщении справочно-статистических данных водообеспечения и качества питьевых вод стран и регионов Арктической зоны с использованием сравнительно-географического метода обобщения.

Результаты исследований и их обобщение. Обеспечение качественной питьевой водой, как постоянного населения внутренних арктических регионов, так и многочисленных работников предприятий (преимущественно недропользования) (рисунок), осуществляющих свою производственную деятельность (как круглогодичную, так и сезонную) на территории АЗРФ имеет особое значение.



Рисунок – Основные эксплуатируемые месторождения различных видов полезных ископаемых АЗРФ [1]

РФ входит в группу государств мира, наиболее обеспеченных водными ресурсами, которые на её территории составляют 10 % мирового речного стока (4,3 тыс. км³/год). Ресурсный потенциал подземных вод составляет почти 400 км³/год, обеспеченность водными ресурсами – 30,2 тыс. м³/(чел. × год).

Вместе с тем, запасы подземных вод, пригодных для питьевого и хозяйственного использования, производственно-технического водоснабжения, орошения земель и обводнения пастбищ, составляющие порядка 34 км³/год, характеризуются весьма неравномерным распределением. Порядка 65 % территории РФ занимает криолитозона в районах развития многолетнемерзлых пород (ММП), в которой расположены около 400 населенных пунктов, действуют и создаются новые промышленно-производственные комплексы.

Численность населения внутренних регионов АЗРФ оценивается в 2502700 человек, что превышает общую численность населения всех остальных арктических стран Земли (Норвегии, Швеции, Финляндии, Дании, Исландии, США и Канады) равную 2419152 человека. Всего в циркулярной зоне Земли проживает 4921852 человека (таблица 1).

Использование подмерзлотных подземных вод (ПВ) криолитозоны для хозяйственного водоснабжения весьма затруднено, поскольку высока вероятность замерзания воды в стволах скважин, а также высока стоимость бурения скважин и водоподготовки высокоминерализованных ПВ.

Строительство объектов водоснабжения и водоотведения в АЗРФ требуют больших финансовых затрат, стоимость строительства наружных сетей водоснабжения и водоотведения составляет 80 % стоимости систем.

**Таблица 1 – Численный состав населения
и площадь сухопутных территорий Арктики (составлено по [1, 2, 16])**

Государство	Арктические регионы	Население, тыс. человек	Площадь, км ²
Российская Федерация	Мурманская область	796,1	144902
	Республика Карелия:	51,6	71400
	Архангельская область:	661,8	188769
	Ненецкий автономный округ	42,6	176810
	Республика Коми	95,8	127397
	Ямало-Ненецкий автономный округ	522,8	769250
	Красноярский край:	216,8	1095609
	Республика Саха (Якутия)	64,7	605100
	Чукотский автономный округ	50,5	721481
	Итого в Российской Арктике	2502,700	3900718
США	Аляска	710	1717854
Норвегия	Финмарк, Тромс, Нурланн, Шпицберген	466	746000
Исландия	-	365	103125
Швеция	Норботтен	520	153000
Финляндия	Лапландия	184	93937
Канада	Северо-Западные территории, Юкон, Нунавут, Нунавик	118,16	3921739
Дания	Гренландия	55,992	2130080
Итого в 7 приарктических странах		2419,152	8728035
Итого во всех приарктических странах		4921,852	12628753

В настоящее время накоплен опыт проектирования и строительства в криолитозоне, что позволяет создавать надежные и экономичные системы водоснабжения для объектов любого назначения в различных мерзлотно-климатических условиях [3]. О динамике изменения показателей обеспеченности качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения населения арктической зоны РФ можно судить по данным федерального проекта «Чистая вода» (таблица 2) [4].

**Таблица 2 – Обеспеченность населения субъектов Арктической зоны РФ качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, %
(федеральный проект «Чистая вода» национального проекта «Экология»)** [4]

Субъект АЗРФ	Обеспеченность населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, %		
	2018 год	2020 год	2024 год (проект)
Мурманская обл.	99,7	99,7	100,0
Республика Карелия	75,0	75,3	84,8
Архангельская область	72,0	72,4	82,9
Ненецкий АО	51,4	52,5	83,2
Ямало-Ненецкий АО	87,0	87,1	89,7
Красноярский край	88,5	88,6	92,9
Республика Саха (Якутия)	59,8	60,3	75,8
Чукотский АО	74,6	75,5	100,0

Из данных таблицы 2 следует, что наиболее остро вопрос обеспечения населения качественной питьевой водой стоит в Чукотском и Ненецком автономных округах (НАО), Республике Саха (Якутия) (РС(Я), Архангельской области. Нередко для хозяйственных целей в зимний период население АЗРФ вынуждено заготавливать и подвозить пресный лёд.

В 2020 г. доля использования подземных вод в общем балансе централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Чукотского автономного округа (ЧАО) составляла 33,0 %; в регионе действует 24 водозабора пресных ПВ, из которых 17 – с утвержденными запасами.

Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения используются ПВ различных водоносных таликовых зон, представленных аллювиальными и аллювиально-морскими отложениями.

Качество ПВ соответствует нормативным требованиям к питьевым водам, за исключением содержания Fe (до 5,8 ПДК) и Mn; подмерзлотные воды соответствует нормативным требованиям к питьевым водам и редко отмечаются превышение содержания Fe и Mn до 1,1 ПДК.

Изменение состава ПВ возможно на водозаборах, расположенных в прибрежной морской зоне, за счёт подтягивания морских вод; большая часть водозаборов питьевого и хозяйственно-бытового назначения эксплуатируют подземные воды хорошего качества [13].

В 2020 г. доля ПВ в балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения РС(Я) составила 27,6 %. По данным лабораторного мониторинга за 2019 г. было обеспечено качественной питьевой водой 66 % населения республики или 638 436 чел.; некачественной водой – 29,1 % (281 904 чел.); из 123 подземных источников 45 (36,5 %) не отвечали гигиеническим требованиям.

Хозяйствующими субъектами РС(Я) не организована системная работа по проектированию и обустройству зон санитарной охраны источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Основными причинами неудовлетворительного состояния питьевой воды в РС(Я) являются: 1) природные факторы (цветность, мутность); 2) отсутствие или ненадлежащее состояние зон санитарной охраны; 3) отсутствие очистных сооружений, устаревшие технологии водоподготовки; 4) низкое санитарно-техническое состояние сетей и сооружений [12].

В Красноярском крае хозяйственно-питьевое водоснабжение населения осуществляется за счет подземных и поверхностных источников; доля ПВ в общем балансе водоснабжения составила 46 %.

Природное некондиционное качество ПВ характерно для всей территории края; основными нормируемыми природными компонентами эксплуатируемых водоносных горизонтов, являются – Fe, Mn, Si, F, суммарная альфа-активность, общая жесткость, Ва, В.

Техногенными факторами, влияющими на гидрогеохимический состав ПВ, являются эксплуатация ПВ крупными водозаборами, водоотлив из горных выработок, застройка урбанизированных территорий, сельскохозяйственные комплексы, а также гидротехнические сооружения.

В результате экологической катастрофы, произошедшей 29 мая 2020 г. при разгерметизации бака с дизельным топливом на ТЭЦ-3 в Кайеркане (район Норильска), произошло загрязнение р. Далдыкан притока р. Амбарной нефтепродуктами.

Водоснабжение ПВ г. Норильска осуществляют Талнахский, Ергалахский и Амбарнинский водозаборы, эксплуатирующие ниже-среднеледниковые и средне-верхнеледниковые ледниково-морские водоносные отложения [8].

Централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение населения ЯНАО составляет 98 % и осуществляется преимущественно за счет ПВ; как и централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Салехард.

Приоритетными загрязнителями ПВ, питьевых водозаборов ЯНАО, являются нефтепродукты. Загрязнение ПВ нефтепродуктами (1,4-2,7 ПДК) зафиксировано в 2020 г. на 3 питьевых водозаборах. Установлено загрязнение ПВ-1 – на 6 водозаборах (1,16-3,05 ПДК) и Си – на 2 водозаборах (3,7-6,8 ПДК) [14].

На территории Ненецкого АО (НАО) протекает около 2000 водотоков различной протяжённости, насчитывается более 160000 озёр и искусственных водоёмов, общей площадью зеркала 6200 км². Территория характеризуется значительной заболоченностью. Доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, составляет 53,6 %. Доля городского населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения – 67,3 %; нецентрализованным водоснабжением обеспечено 22,8 % населения.

Норма потребления воды на одного работника ООО «Башнефть-Полус» при начале освоения нефтяных месторождений им. Р. Требса и им. А. Титова Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции составляла 25 л/сут. Питьевая вода доставлялась из пос. Варандей (в пластиковых бутылках объёмом 10 л) [10].

В 2020 г. доля ПВ в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения Республики Коми составила 38,9 %.

На организацию хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ) направлено 53,889 тыс. м³/сут. Некондиционное природное качество ПВ связано с повышенным содержанием Fe и Mn, реже – аммония, общей жесткостью, окисляемостью перманганатной, реже бора. Интенсивность загрязнения менее 10 ПДК.

Наибольшая техногенная нагрузка на территории республики приходится на Тимано-Печорскую нефтегазоносную провинцию в районе расположения объектов нефтедобычи Западно-Сыктывинского, Усинского и Воейского нефтяных месторождений. Подземные воды четвертичных отложений характеризуются повышенным содержанием Fe, Mn, Al, аммония, хлоридов, Na, а также превышением ПДК по минерализации и окисляемости перманганатной. Интенсивность загрязнения подземных вод в 2022 г. не превышало 65,0 ПДК [7].

Доля использования ПВ в общем балансе питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения Архангельской области составляет 26 % извлечение ПВ составило 334,494 тыс. м³/сут. ПВ области в естественных условиях почти повсеместно имеют небольшие отклонения от ПДК по содержанию Fe и окисляемости перманганатной, по содержанию Mn, сульфатов, хлоридов, минерализации.

Депрессионные воронки на водозаборах не превышают 5 м; на Ломоносовском алмазном месторождении снижение уровня ПВ на конец 2020 года составило 155-204,5 м. Для ПВ четвертичного водоносного горизонта в 2020 г. установлено превышение ПДК таких компонентов, как аммоний, Fe, Mn, Na, Mg, хлориды, и нефтепродукты, а также окисляемости перманганатной, БПК и ХПК [6].

На территории Республики Карелия ПВ для целей водоснабжения традиционно используются весьма ограниченно; в 2020 г. их доля в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения региона составила 6,1 %.

По основным контролируемым показателям ПВ соответствуют действующим нормативным требованиям. Природной особенностью гидрохимического состава ПВ являются повышенные содержания Fe (до 10ПДК) и Mn (до 10ПДК). Техногенную природу в ПВ имеют N, Na, сухой остаток, хлориды, окисляемость перманганатная, нефтепродукты [11]

Доля ПВ в общем балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Мурманской области составила 7 %. ПВ в количестве 403,3 тыс. м³/сут извлекаются при разработке месторождений твердых полезных ископаемых.

На отдельных участках эксплуатируемых водоносных горизонтов и комплексов наблюдается превышение ПДК по содержанию Fe и Mn, что связано с природными условиями формирования ПВ. На территории Мурманской области значительное влияние на гидрохимическое состояние ПВ оказывают многочисленные горно-обогатительные комбинаты. В ПВ четвертичного водоносного горизонта зафиксированы превышения ПДК по Fe, Na, F, Mo, нефтепродуктам и окисляемости перманганатной [9].

Обобщённая количественная характеристика запасов, добычи, а также степени освоения запасов ПВ на месторождениях АЗРФ по состоянию на 01.01.2020 г. приведена в таблице 3.

К спектру основных проблем обеспечения качественным питьевым водоснабжением и водоотведением населения регионов АЗРФ, относятся следующие:

- неудовлетворительное состояние и повышенный износ систем централизованного водоснабжения - водоочистных сооружений, водопроводных сетей, оборудования на них;
- неразвитость систем водоподготовки;
- не герметичность водопроводных сетей, способствующая вторичному загрязнению очищенной воды, увеличению потерь питьевой воды, расходов электроэнергии на ее транспортировку, снижению надежности водоснабжения населения; несоответствие качества питьевой воды санитарно-гигиеническим требованиям.

Имеют место случаи ограниченности населению доступа к водным ресурсам, низкий дебит источников ПВ в районах развития криолитозоны.

**Таблица 3 – Запасы и добыча подземных вод субъектов АЗРФ в 2020 г.
(данные [6-14])**

Месторождений ПВ (по данным ФГБУ «Росгеолфонд»), шт., в том числе		Утвержденные запасы ПВ (по данным ФГБУ «Росгеол- фонд»), тыс. м³/сут	Добыча подземных вод в 2020 году (по данным стат. отчетности форма 4-ЛС), тыс. м³/сут			Степень освоения запасов, %
			всего	в том числе		
РФН*	НФН*			месторождения (участки)	с неутвержден- ными запасами	
Чукотский АО						
17	17	17	17	17	17	17
Республика Саха (Якутия)						
137	137	137	137	137	137	137
Красноярский край						
213	213	213	213	213	213	213
Ямало-Ненецкий Автономный округ						
258	258	258	258	258	258	258
Ненецкий автономный округ						
14	14	14	14	14	14	14
Республика Коми						
245	245	245	245	245	245	245
Архангельская область						
14	14	14	14	14	14	14
Мурманская область						
36	36	36	36	36	36	36
Республика Карелия						
30	7	96,16	6,76	3,39	3,37	3,5%
Примечания - РФН- распределенный фонд недр; НФН*– нераспределенный фонд						

В таблице 4 приведён перечень всех приоритетных загрязнителей, контролируемых в ПВ при осуществлении процесса мониторинга качества питьевых вод для каждого из рассмотренных ранее регионов АЗРФ.

**Таблица 4 – Перечень приоритетных загрязнителей,
контролируемых в процессе мониторинга качества питьевой воды
субъектов АЗРФ [15]**

Субъект	Кол-во точек мониторинга	Перечень контролируемых показателей
Чукотский автономный округ	81	алюминий, аммиак и аммоний-ион, железо, кадмий, кальций фосфат, магний, марганец, медь, молибден, мышьяк, нитраты, нитриты, ртуть, свинец, сульфаты, фтор, хлориды, цинк
Республика Саха (Якутия)	2	аммиак и аммоний-ион, железо, магний, натрий, нитриты, сульфаты, хлориды
Красноярский край	18	ДДТ, 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексан, алюминий, аммиак и аммоний-ион, барий, бериллий, бор, железо, кадмий, кобальт, марганец, медь, молибден, мышьяк, никель, нитраты, нитриты, ртуть, свинец, селен, стронций, сульфаты, тетрахлорметан, тетрахлорэтилен, трихлорэтилен, фтор, хлориды, хлороформ, хром, цианиды, цинк
Ямало-Ненецкий автономный округ	45	аммиак и аммоний-ион, железо, кремний, марганец, нитраты, нитриты, сульфаты, хлориды

Субъект	Кол-во точек мониторинга	Перечень контролируемых показателей
Ненецкий автономный округ	11	аммиак и аммоний-ион, железо, марганец, медь, нитраты, нитриты, сульфаты, хлориды
Республика Коми	7	аммиак и аммоний-ион, железо, марганец, нитраты, нитриты, сульфаты, хлориды
Архангельская область	18	алкилбензолсульфонаты, алюминий, гидроксibenзол, железо, кадмий, марганец, медь, мышьяк, нефть, никель, нитраты, ртуть, свинец, стронций, сульфаты, формальдегид, фтор, хлориды, хлороформ, хром, цинк
Республика Карелия	8	аммиак и аммоний-ион, железо, кадмий, медь, нитраты, нитриты, свинец, хлориды, цинк
Мурманская область	154	алюминий, аммиак и аммоний-ион, бромдихлорметан, гидроксibenзол, дибромхлорметан, железо, марганец, медь, никель, нитраты, нитриты, свинец, тетрахлорметан, хлориды, хлороформ, цинк
Всего	342	43 компонента

Заключение. Гидрогеологические аспекты размещения, гидрогеохимии, гидродинамики и техногенной трансформации ПВ криолитозоны требуют глубокого системного исследования для обеспечения устойчивого развития АЗРФ [4].

Библиографические ссылки

1. Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» // Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. № 366.
2. Лукин, Ю.Ф. Статус, состав, население российской Арктики. Арктика и Север. 2014. №15. – С. 57-94.
3. Матюшенко, А.И., Красавин, Г.В. Особенности проектирования водозаборов в условиях Севера // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии, 2018, 11(1), 116-122.
4. Мустафин, С.К., Трифонов, А.Н., Стручков, К.К. Обеспечение питьевой водой населения Арктической зоны России // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий: материалы II Междунар. науч. конф., Респ. Беларусь, Минск, 16 февр. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: О. В. Лукашёв (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2021. – С. 84-87.
5. Резолюция A/RES/71/313, принятая Семьдесят первой сессией Генеральной Ассамблеи 6 июля 2017 года по Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк, 2017. – 32 с.
6. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Архангельской области на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
7. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Коми на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
8. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Красноярского края на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
9. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Мурманской области на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
10. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Ненецкого автономного округа на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
11. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Карелия на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
12. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Республики Саха (Якутия) на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
13. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Чукотского автономного округа на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод. ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.

14. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Ямало-Ненецкого автономного округа. на 01.01.2021г. Краткая информация о состоянии подземных вод ФГБУ «Гидроспецгеология», 2021 г.
15. Фридман К.Б., Новикова Ю.А., Тихонова Н.А. К вопросу совершенствования социально-гигиенического мониторинга в Арктической зоне Российской федерации. Мониторинг окружающей среды АЗРФ: санитарно-эпидемиологическое благополучие и эффективное производство. Российская Арктика. №6. 2019. С.14-19.
16. Arctic council [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arctic-council.org>.