



## Характеристика подземных вод среднеюрского водоносного комплекса как основного источника водоснабжения южных районов Республики Коми

Кокшарова Ю.А.

Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия; e-mail: [yakoksharova@geo.komisc.ru](mailto:yakoksharova@geo.komisc.ru)

В связи с ухудшением общей экологической обстановки и чрезмерным загрязнением водных объектов и источников водоснабжения, использование подземных вод позволяет с меньшими затратами обеспечивать население питьевой водой, соответствующей требованиям, изложенным в нормативных документах Российской Федерации (ГОСТ 2761-84, 2006; СанПиН 1.2.3685-21, 2021). Подземные воды по сравнению с поверхностными водами наиболее надежны для питьевого водообеспечения населения, защищены от загрязнения и наименее зависимы от природных и антропогенных факторов.

Проведен анализ качества подземных вод среднеюрских отложений южных районов Республики Коми. По схеме гидрогеологического районирования южные районы РК находятся в пределах Северо-Двинского артезианского бассейна (АБ), Камско-Вятского АБ и Ветлужского АБ. Пресные подземные воды приурочены к четвертичным и юрским отложениям и развиты до глубины 100–120 м. Сысольский водоносный горизонт ( $J_{2ss}$ ) является основным защищенным источником централизованного водоснабжения населенных пунктов южных районов Республики Коми (Сыктывдинского, Сысольского, Койгородского и Прилузского районов). На базе водоносного среднеюрского горизонта разведано 18 месторождений подземных вод (МПВ) с максимальными для данной территории общими запасами 83,9 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Наибольшими запасами подземных вод характеризуется «Бадьинское» МПВ (50 тыс. м<sup>3</sup>/сут) Сыктывдинского района, объемы остальных не превышают 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут (Кокшарова, 2020).

Водоносный горизонт  $J_{2ss}$  распространен довольно широко, водовмещающие породы представлены песками светло-серыми, кварцевыми, слюдястыми, с прослоями и линзами глин и алевритов темно-серых. Мощность

среднеюрских отложений изменяется от 4 до 88 м, эффективная мощность колеблется в пределах 3–52 м. Глубина залегания изменяется от 2,5 до 78 м и обычно увеличивается от русла к водоразделу. На всей площади развития  $J_{2ss}$  перекрыт более молодыми образованиями, залегает на пестроцветных глинистых отложениях нижнего триаса. Уровень подземных вод устанавливается от 0,4 м выше до 57 м ниже поверхности земли. Подземные воды обладают напором, величина которого изменяется от 1–2 м до 20–45 м. Водообильность отложений варьирует в широких пределах и характеризуется дебитами скважин от 0,3 до 14,5 л/с. Подземные воды защищены от поверхностного загрязнения.

Для характеристики качества подземных вод нами использованы химические и микробиологические анализы 1200 проб воды, отобранные на момент бурения скважин с 1962 г. и в период эксплуатации водозаборов с 2008 по 2022 гг. Анализировались гидрохимические исследования, проводимые Испытательной лабораторией АО «Коми тепловая компания», ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Качество подземных вод, используемых для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, регламентируется нормативными требованиями РФ. Геохимические особенности вод  $J_{2ss}$  выражаются в преобладании гидрокарбонат-иона ( $HCO_3$ , 93–96%-экв), в катионном составе вод преобладают ионы кальция (45–61%) или натрия (18–33%) в зависимости от сезона года и условий питания. Подземные воды мягкие или умеренно жесткие (жесткость общая 2,6–3,6 мг-экв/дм<sup>3</sup>), околонейтральные (рН 6,6–8,1), пресные с минерализацией 0,3–0,6 г/л.

Подземные воды  $J_{2ss}$  в естественных условиях залегания практически по всем показателям удовлетворяют требованиям ГОСТ

2761-84 и СанПиН 1.2.3685-21, за исключением повышенного содержания железа (до 10,1 мг/дм<sup>3</sup>) и марганца (до 0,36 мг/дм<sup>3</sup>), а также мутности (до 9,9 мг/дм<sup>3</sup>). Повышенные содержания Fe (до 33 ПДК) и Mn (до 3,6 ПДК) подчинены природным закономерностям и характерны для всего региона в целом. Наличие железа определяет мутность воды. Содержание железа, часто совместно с марганцем, отличается значительными колебаниями не только по участкам, но и по времени. На содержание железа в воде оказывают влияние факторы как природного (неоднородный характер распространения по площади и в разрезе), так и технического

ся по нормативам СП 28.13330.2017. Результаты оценки степени агрессивности по данным аналитических исследований проб воды приведены в **табл. 1**.

Подземные воды J<sub>2</sub>SS являются не агрессивными по отношению к конструкциям из бетона и железобетона.

Основными показателями, по которым оцениваются свойства воды при теплоснабжении и горячем водоснабжении, являются жесткость воды, накипеобразование, коррозия и вспенивание.

Жесткость воды представляет собой свойство природной воды, зависящее от наличия в ней, главным образом, растворенных солей

**Таблица 1**

Агрессивность подземных вод по отношению к бетону

Тип агрессивности	Нормируемый показатель	Единица измерения	Содержание в подземной воде	Показатель агрессивности по СНиП 2.03.11-85	Степень агрессивности
Общекислотная	pH	-	6,6-8,1	свыше 0 до 6,5	не агрессивная
Магнезиальная	Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	7,3-12,88	свыше 1000	не агрессивная
Сульфатная	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	8-14	до 500	не агрессивная
Содержание едких щелочей	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	15,0-36,94	свыше 50000	не агрессивная

характера (интенсивность и режим водоотбора, продолжительность работы скважины перед отбором проб воды). Немаловажную роль играют условия консервации растворенного в воде железа и время доставки пробы в лабораторию. Все эти факторы предопределяют большой разброс полученных значений. По санитарно-бактериологическим показателям подземные воды здоровые, по радиологическим – безопасные. Для доведения качества подземных вод до нормативного рекомендуется производить предварительную водоподготовку для удаления железа и марганца, после чего нормализуется и мутность.

Была проведена оценка пригодности подземных вод для технического водоснабжения. На соответствие нормативным требованиям (МУ 2.1.5.1183-03, 2003; СП 28.13330.2017, 2017). Коррозионные и агрессивные свойства подземных вод оценивались для определения их воздействия на конструкцию водозаборных скважин и водопровод.

Оценка степени агрессивности подземных вод J<sub>2</sub>SS по отношению к бетону производит-

кальция и магния. Жесткость воды является устранимой и колеблется от 2,6 до 3,8 мг-экв/дм<sup>3</sup>, по преобладающему количеству проб воды мягкие – до умеренно жестких (по Алекину О.А.).

Оценка жесткости воды по мылопоглощающей способности, т.е. по весу мыла, расходуемого для связывания всех соединений (на 1 м<sup>3</sup> воды) производится по формуле:

$S = 264 + 1200Ч(rFe + rCa + rMg)$ , где rFe, rCa, rMg – содержание соответствующего компонента в воде, в мг-экв/дм<sup>3</sup> (**табл. 2**).

Таким образом, для связывания всех соединений, обуславливающих жесткость 1 м<sup>3</sup> воды, максимально потребуется до 4,6 кг мыла.

Накипеобразование – это сложный физико-химический процесс, сущность которого состоит в выделении твердой фазы из перенасыщенных растворов. Накипь, осаждающаяся на стенках накопительного котла в виде плотного слоя солей, понижает коэффициент полезного действия нагревательного элемента, вызывает его перегрев и прежде-

**Таблица 2**

Определение веса мыла, расходуемого для уменьшения жесткости воды

rFe, мг-экв/дм <sup>3</sup>	rCa, мг-экв/дм <sup>3</sup>	rMg, мг-экв/дм <sup>3</sup>	S, г
До 0,1	До 2,45	До 1,06	$S=264+1200Ч(0,1+2,45+1,06)=4596$

временный выход из строя. Суммарный вес накипи (Н, г/м<sup>3</sup>) определялся по формуле:

$$H = S + C + 36ЧrFe + 20ЧrCa + 59ЧrMg,$$

где

S – количество взвешенных веществ (мутность), по максимальному значению S = 9,90 г/м<sup>3</sup>;

C – вес коллоидов ( $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ), C ≈ 0,0 г/м<sup>3</sup>;

rFe, rCa, rMg – содержание соответствующего компонента в воде, в мг-экв/дм<sup>3</sup> (rFe = до 0,10 мг-экв/дм<sup>3</sup>, rCa = до 2,45 мг-экв/дм<sup>3</sup>, rMg = до 1,06 мг-экв/дм<sup>3</sup>).

$$H = 9,9 + 36Ч0,10 + 20Ч2,45 + 59Ч1,06 = 125 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 3)}.$$

Следовательно, по суммарному весу накипи подземные воды J<sub>2SS</sub> относятся к типу с малым количеством твердых осадков.

**Коррозия** (разъедание стенок котла, путем замещения железа водородом и переход первого в раствор) зависит от концентрации водородных ионов, а также от присутствия в воде растворенных газов (кислорода, сероводорода, углекислого газа), некоторых солей (солей марганца, сернистого железа, хлористого магния и окиси магния усиливают действие кислорода, являясь катализаторами). Способствует коррозии и высокая температура воды. Для выявления корродирующей способности воды определяют коэффициент коррозии K<sub>к</sub>.

Подземные воды нейтральные или сла-

бощелочные (pH=6,6–8,1). Коэффициент коррозии для вод со щелочной реакцией определяется по формуле:

$K_k = 1,008Ч(rMg - rHCO_3)$ , где rMg и rHCO<sub>3</sub> – содержание соответствующего компонента в воде, в мг-экв/дм<sup>3</sup> (rMg = до 1,06 мг-экв/дм<sup>3</sup>; rHCO<sub>3</sub> = до 4,6 мг-экв/дм<sup>3</sup>).

$$K_k = 1,008Ч(1,06 - 4,60) = -3,54; \quad K_k + 0,503Ca = -3,54 + 0,503Ч1,8 = -2,66 < 0 \text{ (табл. 4)}.$$

Подземные воды J<sub>2SS</sub> относятся к водам с некорродирующей способностью.

**Вспенивание** зависит от количества и типа загрязнений котловой воды и определяется по коэффициенту вспенивания F по формуле:

$$F = 62 Ч (rNa + rK),$$

где rNa, rK – содержание соответствующего компонента в воде, в мг-экв/дм<sup>3</sup> (по результатам анализов rNa + rK = до 1,61 мг-экв/дм<sup>3</sup>) (табл. 5).

Подземные воды J<sub>2SS</sub> относятся к полувспениваемому типу вод.

Таким образом, оценка качества подземных вод среднеюрского водоносного горизонта южных районов Республики Коми в соответствии с нормативными требованиями (ГОСТ 2761-84, 2006; МУ 2.1.5.1183-03, 2003; СанПиН 1.2.3685-21, 2021; СП 28.13330.2017, 2017) показала, что подземные воды могут использоваться как в питьевых, так и в технологических целях. Использование подземных вод J<sub>2SS</sub> для питьевых целей рекомендуется после предварительной водоподготовки

Таблица 3

Оценка воды по суммарному весу накипи

Показатель	Тип воды				Содержание в подземной воде, г/м <sup>3</sup>
	С очень малым количеством осадков	С малым количеством осадков	С большим количеством осадков	С очень большим количеством осадком	
Суммарный вес накипи, Н, г/м <sup>3</sup>	H < 125	125 < H < 250	250 < H < 500	H > 500	125

Таблица 4

Сравнительная характеристика подземных вод по коэффициенту коррозии

Степень воздействия			Содержание в подземной воде		
Некорродирующие	Полукорродирующие	Корродирующие	Ca, мг/дм <sup>3</sup>	K <sub>к</sub>	K <sub>к</sub> +0,503Ca
K <sub>к</sub> +0,503Ca < 0	K <sub>к</sub> < 0, но K <sub>к</sub> + 0,503Ca > 0	K <sub>к</sub> +0,503Ca > 0	до 1,80	-3,54	-2,66 (<0)

Таблица 5

Сравнительная характеристика подземных вод по коэффициенту вспенивания

Показатель	Тип воды			Содержание в подземной воде
	Невспенивающиеся	Полувспенивающиеся	Вспенивающиеся	
Коэффициент вспенивания, F	F < 60	60 < F < 200	F > 200	99,8

(обезжелезивание, деманганация), то есть после доведения её до санитарных норм.

Сохранение природного качества подземных вод среднеюрского водоносного горизонта ( $J_{2ss}$ ) – основного источника централизованного питьевого водоснабжения южных районов РК – представляет важную геоэкологическую проблему.

#### Литература

Государственный стандарт ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: Стандарт-информ, 2006.

Кокшарова Ю.А. Оценка современного состояния ресурсной базы пресных подземных вод южных районов Республики Коми // Разведка и охрана недр. 2020. № 10. С. 28–34.

Методические указания МУ 2.1.5.1183-03 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий», 2003.

Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021.

Свод правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии», 2017.

## **Characteristics of the groundwater of the Middle Jurassic aquifer complex as the main source of water supply in the southern regions of the Komi Republic**

Koksharova Yu.A.

Institute of Geology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia; e-mail: [yakoksharova@geo.komisc.ru](mailto:yakoksharova@geo.komisc.ru)

The analysis of the groundwater quality of the Middle Jurassic aquifer complex, which is the main protected source of centralized water supply of settlements in the southern regions of the Komi Republic, is carried out. Assessment of groundwater quality in accordance with regulatory requirements has shown that groundwater can be used both for drinking and technological purposes. The use of groundwater from the Middle Jurassic sediments for drinking purposes is recommended after preliminary water treatment (de-ironing, demanganation), that is, after bringing it up to sanitary standards.