

УДК 556.3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ НОРМИРУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

^{1,2}Полякова Е.В., ¹Мырцева Е.А.¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН,
Архангельск, e-mail: lenpo26@yandex.ru;²Центр космического мониторинга Арктики Северного (Арктического) федерального
университета им. М.В. Ломоносова, Архангельск

На Севере достаточно много факторов, негативно влияющих на здоровье человека. Одним из таких факторов является использование некондиционной воды. Качество подземных питьевых вод из-за специфического положения их в окружающей среде определяется главным образом химическим составом. Поэтому крайне важным является исследование минерального состава пресных подземных вод с целью определения причин возникновения заболеваний биогеохимической природы. В статье авторами проведен анализ микрокомпонентного состава пресных подземных вод севера Русской плиты. Область развития пресных подземных вод включает в себя водоносные комплексы падунской свиты венда, среднего-верхнего карбона и ассельского яруса нижней перми, сакмарского яруса нижней перми, уфимского яруса верхней перми, казанского яруса верхней перми, четвертичной системы. По водоносным комплексам выявлено превышение таких нормируемых элементов, как стронций, железо, кальций, магний. Показаны особенности их распределения в подземных водах, а также влияние на организм человека. Так, стронций в питьевых водах может стать причиной возникновения Уровской эндемии, кальций и магний – вызывать сердечно-сосудистые заболевания, в том числе гипертонию, хлориды и сульфаты – различные нарушения пищеварительной системы.

Ключевые слова: подземные воды, химический состав, Русская плита, заболевания биогеохимической природы

THE DISTRIBUTION SOME NORMALIZED COMPONENTS IN GROUNDWATER IN THE NORTHERN PART OF RUSSIAN PLATE AND THEIR EFFECTS ON HUMAN HEALTH

^{1,2}Polyakova E.V., ¹Myrtseva E.A.¹Federal Center for Integrated Arctic Research RAS, Arkhangelsk, e-mail: lenpo26@yandex.ru;²Space Monitoring Center of the Arctic NARFU, Arkhangelsk

In the North a lot of factors that negatively affect human health. One such factor is the use of substandard water. The quality of underground drinking water because of the specific situation of the environment is mainly determined by their chemical composition. Therefore, it is important to study the mineral composition of fresh groundwater to determine the causes of the biogeochemical nature of the disease. In article, the authors analyzed the chemical composition of fresh groundwater in the northern part of the Russian Plate. Field of fresh groundwater includes the aquifers Padun formation of Vendian system of the Neoproterozoic, Middle and Upper series of the Carboniferous system and Asselian stage of the Permian system, Sakmarian stage of the Permian system, Ufimskian stage of the Permian system, Kazan stage of the Permian system, Quaternary system. There are revealed excess of normalized elements such as strontium, iron, calcium, magnesium in aquifers. The features of the distribution of components in the groundwater and the impact on human health are shown. So, strontium in drinking water can cause Urovskaya endemic, calcium and magnesium cause cardiovascular disease, including hypertension, chlorides and sulfates – various disorders of the digestive system.

Keywords: groundwater, the chemical composition, Russian Plate, the biogeochemical nature of the disease

Основу хозяйственно-питьевого водоснабжения России составляют подземные воды. Доля их в общем балансе водоснабжения составляет 55–60 %. Соответственно, роль подземных питьевых вод в формировании экологического состояния среды является значительной, поскольку химический состав этих вод самым непосредственным образом влияет на физиологические функции человека и его здоровье. Около 50 % населения России потребляют некондиционную воду, и этому же числу соответствует количество населения, страдающего забо-

леваниями, связанными с различными экологическими причинами [6]. С.Р. Крайнов и В.П. Закутин, рассматривая проблему геохимико-экологического состояния подземных вод, отмечают два важных положения, определяющих качество этих вод и уровень их экологической безопасности: «Формирование некондиционных и экологически опасных подземных вод нельзя рассматривать только как результат их загрязнений промышленными, сельскохозяйственными, коммунально-бытовыми отходами и средствами. Причины формирования таких вод

гораздо более обширны. Прежде всего, некондиционные подземные воды могут формироваться и часто формируются в результате естественных геохимических процессов, ведущих к образованию определенных геохимических типов подземных вод, благоприятных для миграции и накопления в них различных нормируемых химических элементов и веществ» [5, р. 312].

На Севере достаточно много факторов, негативно влияющих на здоровье человека. Одним из таких факторов является использование некондиционной воды. Качество подземных питьевых вод из-за специфического положения их в окружающей среде определяется главным образом химическим составом. Поэтому крайне важным является исследование минерального состава пресных подземных вод с целью определения причин возникновения заболеваний биогеохимической природы [3].

Цель исследования: выявить основные особенности распределения Sr^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- в подземных водах се-

вера Русской плиты, а также показать их влияние на организм человека.

Характеристика района исследования

В гидрогеологическом плане север Русской плиты приурочен к Северо-Двинскому артезианскому бассейну. В пределах изучаемой территории подземные воды бассейна дренируются реками Северная Двина, Мезень, Кулой, Пинега и их притоками.

Область развития пресных подземных вод в пределах Северо-Двинского артезианского бассейна включает в себя следующие водоносные комплексы: песчаников и алевролитов падуновской свиты венда, карбонатных пород среднего-верхнего карбона и ассельского яруса нижней перми, гипсов и ангидритов с прослоями песчаников и алевролитов сакмарского яруса нижней перми, песчаников и алевролитов уфимского яруса верхней перми, карбонатных пород казанского яруса верхней перми, песчаников четвертичной системы [8]. Основные геологические границы севера Русской плиты приведены на рис. 1.

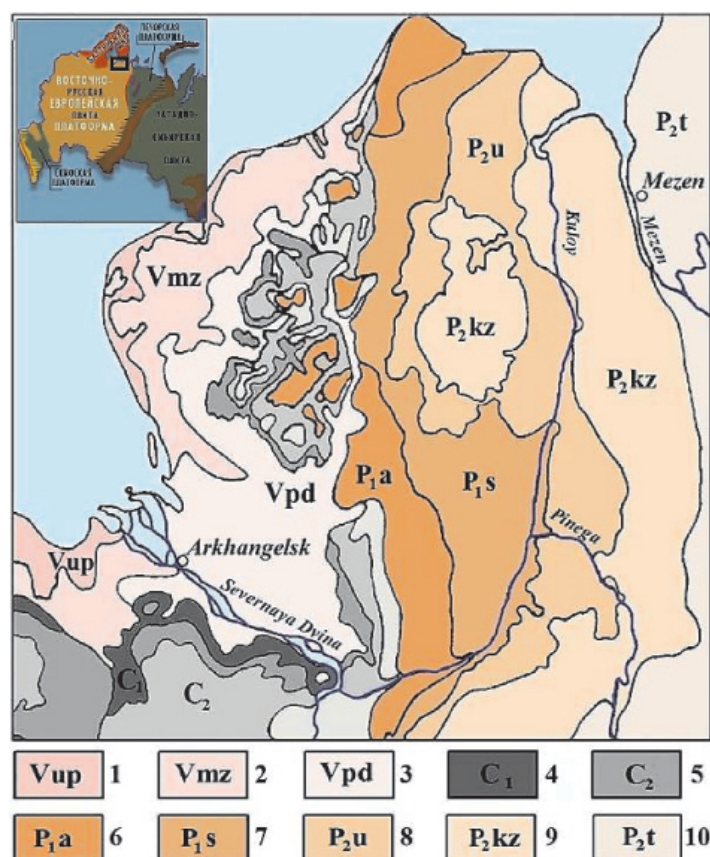


Рис. 1. Геологическое строение севера Русской плиты:
 1 – усть-пинейская свита венда; 2 – мезенская свита венда; 3 – падуновская свита венда;
 4 – нижний карбон; 5 – средний карбон; 6 – ассельский ярус нижней перми;
 7 – сакмарский ярус нижней перми; 8 – уфимский ярус верхней перми;
 9 – казанский ярус верхней перми; 10 – татарский ярус верхней перми

Материалы и методы исследования

Для изучения содержания Sr^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- в подземных водах в ходе проведения полевых работ были опробованы скважины, источники, колодцы на исследуемой территории. Химический анализ проб производился в химико-аналитическом центре ОАО «Архангельскгеолодобыча» методом атомной абсорбции. Также использовались данные из отчетов Архангельского филиала Территориальных фондов геологической информации (ФБУ «ТФИ по СЗФО»).

Результаты исследования и их обсуждение

В СанПиН 2.1.4.1074-01 приводятся нормируемые элементы и компоненты подземных вод, используемых для водоснабжения населения, а также приводятся категории их токсичности. В табл. 1 приведены показатели для некоторых нормируемых компонентов. Выделяется 4 класса опасности веществ: 1 – чрезвычайно опасные химические элементы; 2 – высоко опасные; 3 – опасные; 4 – умеренно опасные.

Таблица 1

Некоторые нормируемые компоненты для эксплуатируемых пресных подземных вод

Компоненты	Нормативы (П/ДК), мг/л	Класс опасности
Общая минерализация (сухой остаток)	1000 (1500)	–
Жесткость общая	7,0 (10)	–
Железо (суммарно)	0,3 (1,0)	3
Сульфаты (SO_4^{2-})	500,0	4
Хлориды (Cl^-)	350,0	4
Стронций стабильный (Sr^{2+})	7,0	2
Натрий (Na^+)	200,0	2
Кальций (Ca^{2+})*	100,0	–
Магний (Mg^{2+})*	50,0	–
pH	6,0–9,0	–

Примечание. *Нормируются Европейским сообществом (European Community, EC) «Директивой по питьевой воде» (Drinking Water Directive).

Жесткость. Имеются данные об обратной корреляции между показателями смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и жесткостью воды. Также с высокой жесткостью напрямую связывают образование камней в почках, отмечено, что связь имеет местный экзогенный характер [7].

Стронций. Стронций является биологически активным элементов. Попадая в организм человека, он включается в обмен веществ, изоморфно замещая кальций

костной ткани. Это может привести к изменению структурной организации костной системы в целом. Поскольку содержание стронция в суточном рационе населения предполагается незначительным, возможность повышенного поступления этого элемента в организм людей практически определяется его концентрацией в питьевой воде [4].

Кальций и магний. Ионы кальция и магния определяют жесткость питьевой воды. Им принадлежит важная роль в регуляции артериального давления. Дефицит и дисбаланс этих элементов способствует формированию заболеваний сердечно-сосудистой системы, в том числе и гипертонической болезни [2].

Натрий. Ионы натрия активируют ферментативный обмен в организме человека. Избыточное содержание натрия в воде приводит к гипертензии и гипертонии [9]. В подземных водах концентрация натрия определяется в основном глубиной их залегания.

Хлориды и сульфаты. Наличие в воде хлоридов природного происхождения более 350 мг/л и сульфатов более 500 мг/л придает ей солоноватый привкус и приводит к нарушению пищеварительной системы у людей. Высокое содержание сульфатов в питьевой воде определяет повышенный уровень заболеваемости желче- и мочекаменной болезнью, заболеваемости сердечно-сосудистой системы [11].

Состав подземных вод зависит от состава водовмещающих пород. При растворении карбонатных пород (либо при растворении карбонатного цемента в песчано-глинистых отложениях) формируются гидрокарбонатные воды, при растворении сульфатных пород (либо при растворении значительных включений гипса и ангидрита в карбонатных породах) – сульфатные воды. Концентрации нормируемых компонентов по водоносным комплексам на исследуемой территории приведены на рис. 2.

Для пресных подземных вод песчанников и алевролитов падунской свиты венда характерен гидрокарбонатный натриево-магниевый-кальциевый состав при минерализации 0,2–0,5 г/л. С повышением минерализации пресных вод на первое место среди катионов может выходить натрий (до 490 мг/л), анионов – хлор (до 892 мг/л). В целом превышения по основным нормируемым элементам в таких водах не отмечается, воды вполне пригодны для потребления.

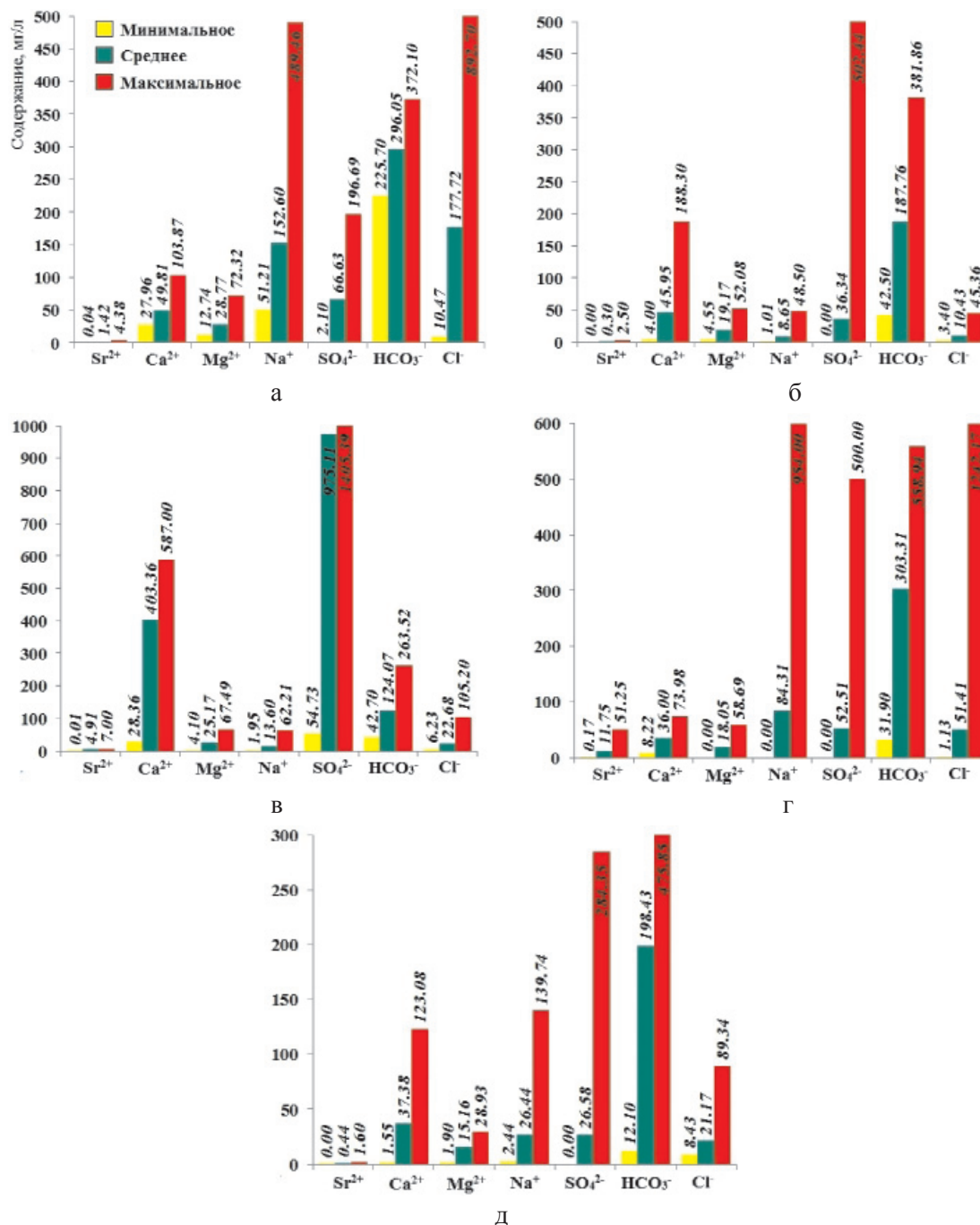


Рис. 2. Концентрации некоторых нормируемых компонентов в водоносных комплексах севера Русской плиты. Водоносные комплексы: а – падунской свиты венда (Vpd); б – среднего-верхнего карбона и асельского яруса нижней перми ($C_{2-3}-P_{1a}$); в – сакмарского яруса нижней перми и уфимского яруса верхней перми ($P_{1b}-P_{2a}$); г – казанского яруса верхней перми (P_{2b}); д – четвертичных отложений (Q)

Для водоносного комплекса карбонатных пород среднего-верхнего карбона и асельского яруса нижней перми характерен гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав при минерализации 0,3 г/л. Подземные воды также соответствуют нормируемым характеристикам. Отмечаются незначитель-

ные единичные превышения по кальцию (до 188,3 мг/л) и магнию (до 52 мг/л), что в целом не сказывается на качестве вод.

На площадях развития отложений сакмарского яруса нижней перми и уфимского яруса верхней перми формируются слабосолоноватые воды с минерализацией

до 2 г/л и сульфатно-кальциевым составом. Соответственно отмечаются повышенные относительно ПДК концентрации кальция (до 587 мг/л) и сульфатов (до 1,5 г/л). Кроме того, наличие в разрезе водоносной толщи уфимских отложений рудопроявлений целестина предполагает присутствие в подземных водах повышенных концентраций стронция, в связи с чем эта площадь выделена в качестве области пресных некондиционных вод.

Верхнепермский водоносный комплекс является одним из наиболее эксплуатируемых. Однако карбонатные породы казанского яруса верхней перми являются наиболее обогащенными стронциевым минералом целестином. Поэтому при невысокой минерализации (до 1 г/л) в подземных водах успевают сформироваться концентрации стронция до 51 мг/л. Распределение стронция в подземных водах казанского водоносного комплекса связано с выщелачиванием включений целестина из известняков и доломитов. Воды этой группы наиболее опасны для потребления, т.к. в них, помимо содержания стронция выше ПДК как для пресных, так и для минеральных вод, наблюдается и отношение $Ca/Sr < 100$, что может стать причиной проявления Уровской эндемии, или болезни Кашина – Бека [10].

Четвертичный водоносный комплекс широко развит на территории Северо-Двинского артезианского бассейна. Воды гидрокарбонатно-кальциевые, умеренно жесткие, имеется незначительное единичное превышение ПДК в подземных водах по кальцию (до 123 мг/л). В целом воды кондиционные, вполне пригодны для употребления.

В настоящее время накоплен обширный материал о миграции химических элементов по различным биологическим цепочкам, об уровнях всасывания, распределения, кинетике накопления и выведения их из организма человека. Появились новые исследования биологов и медиков, подтвердивших отрицательную роль не только высоких, но и низких значений в пищевом рационе ряда элементов. М.В. Барвиш и А.А. Шварц [1] предложили ввести термин «биологически значимая концентрация» (БЗК) для того, чтобы определить содержание, начиная с которого элементы, входящие в состав воды, необходимо учитывать при ее характеристике. БЗК – это концентрация, при которой поступление элемента в орга-

низм с водой может сказываться на общем микроэлементном балансе человека. За нижний предел биологически значимой концентрации (НПБЗК) авторами принимается величина, при которой поступление элемента в организм с питьевой водой составляет 5 % от общего среднестатистического поступления. Ежесуточное потребление питьевой воды принято равным 2 л. Данные приведены в табл. 2.

Таблица 2
Среднесуточное потребление человеком
некоторых элементов и НПБЗК
для питьевой воды

Элемент	Среднесуточное потребление, мг	НПБЗК, мг/л
Кальций	1100	27,5
Магний	300	7,5
Натрий	4500	112,5
Стронций	2	0,05
Хлор	4000	100

Выводы

Поскольку качество подземных питьевых вод определяется главным образом их химическим составом, формирующимся под воздействием как природных, так и антропогенных факторов, контроль за содержанием нормируемых компонентов должен носить систематический характер.

На Севере Русской плиты в пределах Северо-Двинского артезианского бассейна наиболее перспективными являются средне-верхнекаменноугольный-нижнепермский, верхнепермский и четвертичный водоносные комплексы. Однако для централизованного водоснабжения могут использоваться только подземные воды четвертичного и средне-верхнекаменноугольный-нижнепермского водоносных комплексов. Некондичия верхнепермского водоносного комплекса связана, прежде всего, с повышенными концентрациями стронция (до 7 ПДК). Потребление этих вод в питьевых целях может приводить к аккумуляции стронция в организме человека, развитию экологозависимых патологий и эндемических заболеваний. Эксплуатация данных подземных вод возможна только после предварительной очистки и водоподготовки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ФАНО России в рамках проекта № 0410-2014-0024 «Разработка комплексной физико-геоэкологической количественной модели взаимодействия (литосфера, гидросфера, биосфера, атмосфера и, частично, ионосфера) в районах тектонических узлов севера Русской плиты и оценка их влияния на окружающую среду».

Список литературы

1. Барвиш М.В., Шварц А.А. Новый подход к оценке микрокомпонентного состава подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2000. – № 5. – С. 467–473.
2. Гичев Ю.Ю. Руководство по биологически активным пищевым добавкам. – М.: Триада-Х, 2001. – 232 с.
3. Горбачев А.Л., Добролеева Л.К., Теддер Ю.Р., Шацова Е.Н. Биогеохимическая характеристика северных регионов. Микроэлементный статус населения Архангельской области и прогноз развития эндемических заболеваний // Экология человека. – 2007. – № 1. – С. 4–11.
4. Книжников В.А., Новикова Н.Я. К вопросу о санитарном значении стронция в питьевой воде // Гигиена и санитария. – 1964. – № 8. – С. 93–95.
5. Крайнов С.Р., Закутин В.П. Геохимико-экологическое состояние подземных вод России (причины и тенденции изменения химического состава подземных вод) // Геохимия. – М.: РАН, 1994. – Вып. 3. – С. 312–329.
6. Куренной В.В., Шпак А.А. Экологическое состояние подземных вод Европейской части России // Разведка и охрана недр. – 2000. – № 5. – С. 34–38.
7. Мазаев В.Т. Контроль качества воды / В.Т. Мазаев, Т.Г. Шлеппина, В.И. Мандрыгин. – М.: Колос, 1999. – С. 21–41.
8. Малов А.И. Подземные воды Юго-Восточного Беломорья: формирование, роль в геологических процессах. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 234 с.
9. Питьевая вода и здоровье населения. Вып. 1. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье человека / под ред. Е.Н. Беляева. – М.: Минздрав РФ, 2002. – 63 с.
10. Полякова Е.В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека // Экология человека. – Архангельск: СГМУ, 2012. – № 2. – С. 9–14.
11. Рылова Н.В. Влияние минерального состава питьевой воды на здоровье детей // Гигиена и санитария. – 2005. – № 1. – С. 45–46.