УДК 574 (262.5.05)

В.В.КУРИЛЕНКО, *д-р геол.-минерал. наук, профессор, vvk_eco@mail.ru*
С.В.ЖДАНОВ, *аспирант, de-mo@yandex.ru*
Санкт-Петербургский государственный университет

V.V.KURILENKO, *Dr. in geol. & min. sc., professor, vvk_eco@mail.ru*
S.V.ZHDANOV, *post-graduate student, de-mo@yandex.ru*
Saint Petersburg State University

ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ИЖОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Оценено современное состояние ордовикского водоносного горизонта Ижорского месторождения подземных вод. Определен темп роста антропогенной нагрузки. Водоносный горизонт охарактеризован по степени защищенности и закарстованности. Описано геологическое и гидрогеологическое строение изучаемой территории. Даны рекомендации по организации рационального водоснабжения.

***Ключевые слова*:** Ижорская возвышенность, загрязнение подземных вод, защищенность подземных вод.

PROBLEMS OF WATER MANAGEMENT IN IZHORA GROUND WATER DEPOSIT

Modern condition the ground waters of Izora plateau has been estimated in article. It had been identified the rate the growth of anthropogenic load. The aquifer has been characterized on protection degree and karst process. The geological and hydrogeological structure of the studied territory was described. Recommendations about the organization of rational water supply have been made.

***Key words*:** Izhora elevation, ground water contamination, ground water protection.

Введение. В настоящее время основным источником водоснабжения Санкт-Петербурга, городов и поселков Ленинградской области являются поверхностные воды.

Вода в р. Неве (основной источник водоснабжения Санкт-Петербурга) относится к категории «грязная» или «очень грязная». Основными загрязняющими веществами для водотоков города являются органические вещества, железо общее, медь и марганец, цинк, кадмий. В среднем превышения составляют 1-3 нормы ПДК. Поэтому службы «Водоканала» тратят немалые средства и ресурсы на доведение концентрации веществ в воде до уровня ниже предельно допустимой. Альтернативным источником водоснабжения служат подземные воды.

Многие крупные города вокруг Санкт-Петербурга, находящиеся в благоприятных гидрогеологических условиях (Пушкин, Красное Село, Волосово, Гатчина), имеют централизованное водоснабжение подземными водами. Поселки (а их большинство) снабжаются питьевой и хозяйственной водой, главным образом, из одиночных буровых скважин и колодцев. Подземные воды широко используют для водоснабжения частные потребители.

Самым крупным в Ленинградской области месторождением подземных вод является Ижорское (ИМПВ), приуроченное к одноименной возвышенности. Площадь месторождения 2300 км^2. Эксплуатационные запасы подземных вод ордовикского водо-

носного горизонта составляют 400 тыс.м^3/сут. На территории Ижорской возвышенности располагаются множество водозаборных скважин, каптажей источников и одиночных скважин. Водоотбор составляет 200 тыс.м^3/сут. Водозаборы снабжают города Красное Село, Волосово, Гатчина, Тайцы, Копорье и другие.

С другой стороны, на территории Ижорской возвышенности увеличивается сельскохозяйственная нагрузка, под влиянием которой возрастает загрязнение подземных вод. Поэтому оценка состояния подземных вод, выявление загрязнителей ИМПВ имеет ключевое значение для водоснабжения юго-запада Ленинградской области.

Геологическое строение Ижорского месторождения подземных вод. На кристаллическом фундаменте архея – нижнего протерозоя, представленного гранитами, гнейсо-гранитами и грано-диоритами, моноклинально залегают породы верхнего протерозоя (фанерозойские образования) и палеозойские. Коренные образования перекрыты маломощной толщей четвертичных отложений.

В составе верхнего отдела вендской системы выделяют три свиты (старорусская, василеостровская и воронковская). Разрез представлен переслаиванием песчаников и аргиллитов в нижней части и глинами в верхней части.

На отложениях вендской системы залегают отложения кембрийской системы. Кембрийская система на территории Ижорской возвышенности представлена нижним и средним отделом. В состав нижнего отдела входят: ломоносовская свита, представленная песчаником, мощностью до 12 м; сиверская свита, представленная толщей глин с линзами и прослоями песчаников, мощностью до 123 м; люкатиская и тискреская свиты, представленные алевритовыми глинами, мощностью до 20 м. В состав среднего отдела кембрийской системы входит саблинская свита, представленная песками и песчаниками с редкими прослоями глин, мощностью до 13 м [1].

Отложения ордовикской системы мощностью до 130 м распространены на всей территории Ижорского плато и представлены в наиболее полных разрезах всеми отделами – нижним, средним и верхним. Повсеместно ордовикские отложения залегают трансгрессивно с неравномерным стратиграфическим перерывом на кембрийских породах. В состав нижнего отдела ордовикской системы входят: тосненская свита, представленная песками, мощностью до 3 м; капорская свита, представленная диктионемовыми сланцами, мощностью до 0,75 м; леэтсеская свита, представленная песками с линзами карбонатных пород, мощностью до 0,5 м. Средний отдел ордовикской системы состоит из: волховской свиты, представленной трещиноватыми известняками, мощностью 5-6 м; обуховской свиты, представленной известняками и доломитами с прослоями мергелей и глин, мощностью до 11 м; медниковской свиты, представленной известняками, доломитами, мергелями, мощностью до 37 м. В состав верхнего отдела ордовикской системы входят: солецкая свита, представленная известняками и доломитами, мощностью до 13 м; грязновская свита, представленная известняками доломитизированными с тонкими прослоями кукерсита, мощностью до 16 м; шундоровская свита, представленная известняками с прослоями мергелей и глин, мощностью до 18 м; хревицкая, елизаветинская, врудская, изварская свиты представлены доломитами и известняками доломитизированными общей мощностью до 65 м.

Горные породы среднего отдела девонской системы залегают несогласно на отложениях ордовикской системы. Средний отдел девона включает наровскую свиту, представленную доломитами и мергелями с прослоями глин, мощностью до 33 м, и арукюласкую свиту, представленную песками с редкими прослоями глин, мощностью до 33 м.

Образования четвертичной системы распространены на Ижорской возвышенности повсеместно. Они перекрывают вендпалеозойские породы покровом неравномерной мощности от 0,2 до 40 м. На территории плато установлены образования среднего и верхнего звеньев неоплейстоцена, голоцена, представленные суглинками, су-

песями и песками. Большую часть Ижорской возвышенности покрывают ледниковые отложения осташковского горизонта, представленные суглинками и супесями с гравием и галькой.

Подземные воды Ижорской возвышенности. Ижорское месторождение подземных вод состоит из системы водоносных горизонтов и водоупорных слоев.

Гидрогеологический разрез начинается с относительно водоупорного слоя − ледниковых отложений осташковского горизонта.

Ниже залегает верхнеэйфельско-нижнефранский водоносный горизонт (D_2ef_2–D_2f_1), который соответствует арукюлаской свите среднего девона. Подземные воды пресные, гидрокарбонатные, магниево-кальциевые с минерализацией 0,3-0,5 г/л. Подземные воды не находят широкого применения для водоснабжения в связи с ограниченной площадью распространения горизонта и значительно большей водообильностью залегающих ниже карбонатных пород ордовика.

Ниже залегает верхнеэйфельский (наровский) относительно водоупорный слой D_2ef_2 (nr), который соответствует наровской свите среднего девона.

Под водоупорным слоем залегает ордовикский водоносный горизонт, который соответствует отложениям среднего и верхнего отдела ордовикской системы. Водовмещающие породы представлены известняками и доломитами в различной степени трещиноватыми и закарстованными. Неравномерная трещиноватость и закарстованность карбонатных пород обуславливает изменения фильтрационных свойств горизонта. Ордовикский горизонт на большей части территории содержит безнапорные воды. Движение потока подземных вод на территории возвышенности происходит от его центральной части к периферии. Питание водоносного горизонта происходит на всей площади его распространения за счет инфильтрации атмосферных осадков. Дренирование осуществляется вдоль глинта, о чем свидетельствуют многочисленные родники и пластовые выходы подземных вод. Подземные воды горизонта повсеместно пресные с минерализацией 0,3-0,5 г/л, гидрокарбонатные магниево-кальциевые и кальциево-магниевые, умеренно-жесткие и жесткие.

Подземные воды горизонта имеют большое практическое значение. На территории Ижорской возвышенности ордовикский водоносный горизонт является основным для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения. Помимо использования его подземных вод в качестве источника водоснабжения он может быть объектом промышленного розлива пресной природной питьевой воды, что осуществляется на Аропаккузинском месторождении.

Под ордовикским водоносным горизонтом залегает тремадокский относительно водоупорный горизонт O_2t, который соответствует капорской и леэтсеской свите нижнего отдела ордовикской системы.

Ниже залегает кембро-ордовикский водоносный горизонт. Горизонт включает песчаные породы от люкатинской свиты нижнего кембрия до тосненской свиты нижнего ордовика. На большей части территории водоносный горизонт содержит напорные воды и только в пределах узкой полосы вдоль глинта вскрываются безнапорные воды. Горизонт имеет гидравлическую связь с вышележащим ордовикским горизонтом. В настоящее время мало используется для водоснабжения.

Под кембро-ордовикским водоносным горизонтом залегает нижнекембрийский (лонтоваский) водоупорный горизонт, который соответствует сиверской свите нижнего кембрия.

Ниже залегает ломоносовский водоносный горизонт, который соответствует ломоносовской свите нижнего кембрия. Горизонт напорный. Из-за низких фильтрационных характеристик песчаников горизонт практически не используется для водоснабжения.

Завершает гидрогеологический разрез система водоносных горизонтов и водоупорных слоев верхнего протерозоя. Из-за повышенной минерализации воды не используются для водоснабжения.

Защищенность ордовикского водоносного горизонта. Степень естественной защищенности подземных вод можно определить по методике, разработанной В.М.Гольдбергом, которая основана на балльной системе оценки глубины залегания зеркала грунтовых вод, фильтрационным характеристикам и мощности покрывающих легких суглинков. Глубина залегания подземных вод 1-7 м составляет один балл по методике В.М.Гольдберга. Мощность перекрывающих суглинков в среднем по Ижорской возвышенности составляет 1-4 м (исключением являются Дудергофские высоты), их фильтрационные свойства соответствуют классу «а», это два балла по методике оценки защищенности подземных вод. Суммарное количество баллов − три. Подземные воды ордовикского горизонта относятся к I категории защищенности, т.е. подземные воды не защищены от загрязнения с поверхности [1] .

На территории Ижорской возвышенности широко развит карст, который представлен различными поверхностными формами: воронками, долинами и ложбинами. Иногда воронки, сливаясь, образуют карстовые ванны, протяженность которых достигает 200 м. Изредка встречаются карстовые долины, не имеющие постоянного стока. Степень закарстованности карбонатных пород как по площади, так и в вертикальном разрезе неравномерная. Выделяются две зоны трещиноватости: верхняя, более трещиноватая (до глубины 30 м) и нижняя (до глубины 60 м), менее трещиноватая. В приглинтовой полосе толща ордовика в той или иной степени закарстована на всю мощность. Средняя закарстованность пород составляет 2,5 %, на отдельных участках верхней зоны закарстованность достигает 6 %.

Загрязнение с большой скоростью распространяется по закарстованным площадям.

Загрязнение подземных вод ордовикского водоносного горизонта. Территория Ижорской возвышенности относится к районам интенсивного хозяйственного освоения. На территории Ижорской возвышенности находятся объекты сельского хозяйства: птицефабрики, хранилища удобрений, подземные газохранилища, полигоны твердых бытовых отходов, химические предприятия, свалки, склады горюче-смазочных материалов, полигоны, разветвленная сеть автодорог с автозаправочными станциями. Приведенные выше объекты хозяйственной деятельности человека располагаются рядом с водозаборами питьевых вод. В настоящее время практически на всех участках отмечается превышение норм ПДК по мезо- и микрокомпонентам (рис.1) [2].

Одним из основных загрязняющих компонентов являются нитраты. Предельно допустимым значением для нитратов в воде является 45 мг/л (СанПиН 2.1.4.1074-01). Фоновые значения содержания нитратов в подземных водах составляют 1-3 мг/л. В настоящее время отмечаются повышенные значения нитратов в северной части Ижорской возвышенности. Превышения норм ПДК по нитратам отмечаются в подземных водах Красного Села и пос. Глядино. Основным источником нитратного загрязнения здесь являются ближайшие птицефабрики. Концентрация нитратов в подземных водах увеличивается из года в год (рис.2) [2, 3].

В подземных водах ордовикского водоносного горизонта отмечается превышение норм ПДК по Fe, Cd, Ba, Zn, Cu, Mn, Cr. Превышение норм предельно допустимых концентраций и фоновых значений в подземных водах связано с влиянием на них объектов сельского хозяйства (см. таблицу).

Рекомендации по организации рационального водопользования. Основной проблемой использования подземных вод для питьевого водоснабжения является их антропогенная загрязненность.

На территории Ижорского месторождения подземных вод сложилась ситуация, когда промышленные предприятия, в частности птицефабрики, не имеющие системы очистки стоков и сбрасывающие сточные воды на рельеф, соседствуют со скважинными водозаборами, питающими водой население. В связи с этим в водозаборы поступает загрязненная вода, в очистку которой приходится вкладывать дополнительные денежные средства, и увеличивается риск проникновения загрязнения в питьевые водопроводы.

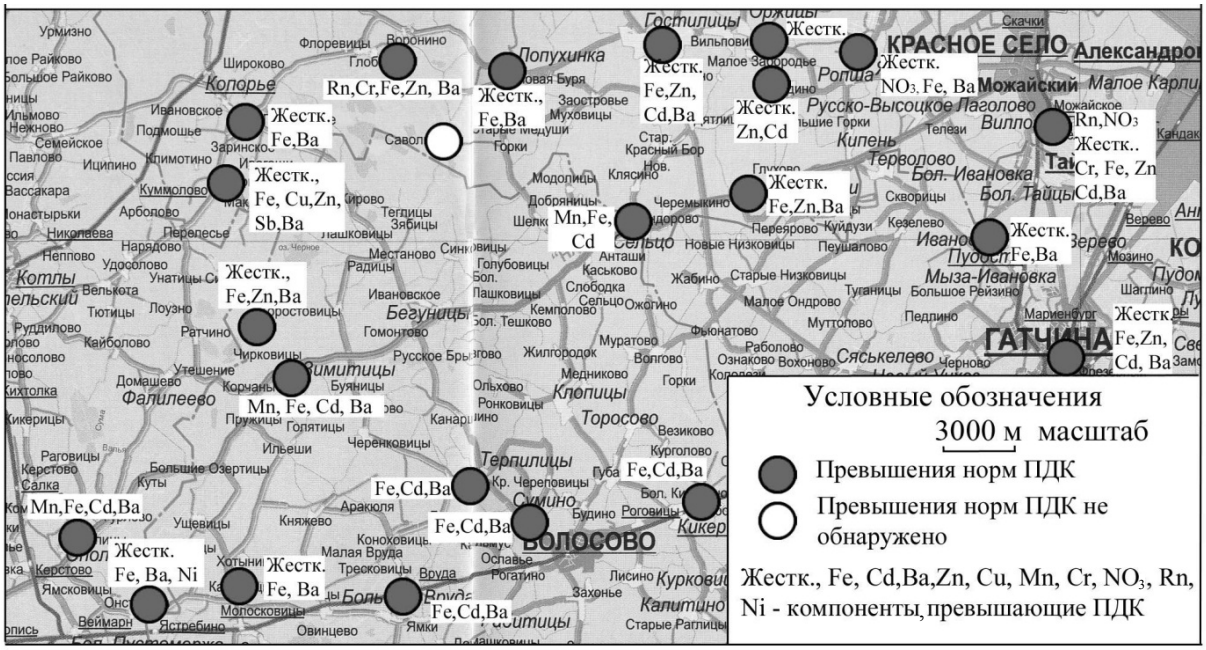


Рис.1. Схема превышения норм ПДК рядом химических компонентов в водах ордовикского водоносного горизонта Ижорского месторождения подземных вод

Превышение норм предельно допустимых концентраций в ордовикском водоносном горизонте

Компонент	Максимальное превышение норм ПДК, мг/л	Норма ПДК (СанПиН 2.1.4.1074-01), мг/л	Фоновое значение, мг/л
Fe	3,5	0,3	0,22
Cd	0,0044	0,001	0,00037
Ba	2,1	0,1	0,067
Zn	16	5	0,72
Cu	1,5	1	0,012
Mn	0,55	0,1	0,033
Cr	0,36	0,05	0,0034

В качестве рекомендаций по организации рационального водопотребления предлагается проведение опытно-фильтрационных работ для оценки воздействия потенциально загрязняющих объектов на подземные водоносные горизонты. При этом следует учитывать не только устройство водозаборов, но и геологические и гидрогеологические характеристики, мощность перекрывающих суглинков и фильтрационные свойства грунтов. Кроме того, необходимо оценить закарстованность территории, выявить основные направления трещиноватости и плановой неоднородности, а также определить экологическое состояние почв, горных пород и подземных вод. После этого на основе численного моделирования упругого стационарного режима фильтрации и нестационарного с учетом работы водозабора охарактеризовать динамику и масштабы образования депрессионной воронки. На основании численной модели фильтрации

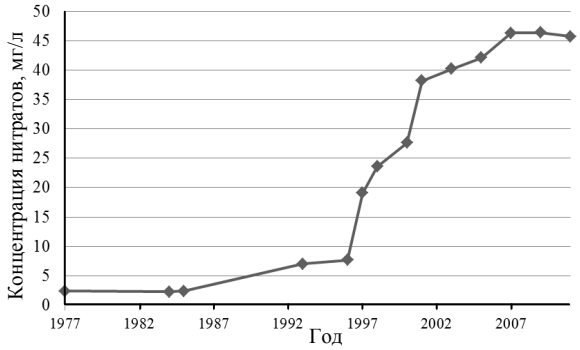


Рис.2. Увеличение концентрации нитратов в подземных водах ордовикского горизонта в районе Красного Села

необходимо также построить численную модель миграции компонентов для расчета зон санитарной охраны водозаборов второго и третьего поясов. Кроме того, необходимо осуществить контроль за строительством предприятиями систем водоотведения и очистки вод промышленных стоков [2].

Следует также иметь в виду, что помимо антропогенной загрязненности рассматриваемые подземные воды имеют природные повышенные значения по радону и жесткости. Для уменьшения влияния радона следует рекомендовать отстаивание воды в течение четырех суток, аэрирование пузырьками воздуха, фильтрование через активированный уголь. Для уменьшения жесткости можно использовать мембранные фильтры обратного осмоса [2].

Таким образом, только комплексный подход к организации хозяйственной деятельности на территории Ижорского месторождения подземных вод может обеспечить чистой питьевой водой конечного потребителя и снизить затраты на водоснабжение, при этом не отказываясь от ведения хозяйственной деятельности.

Заключение. Город Санкт-Петербург растет, как следствие увеличивается водопотребление. На очистку загрязненных поверхностных вод уходит все больше финансовых средств, поэтому альтернативным источником питьевого водоснабжения могло бы служить Ижорское месторождение подземных вод, обладающее большим потенциалом. В будущем, при рациональной организации хозяйственной деятельности на территории Ижорской возвышенности, можно создать специальный питьевой водопровод, питающий Санкт-Петербург чистыми подземными водами ордовикского водоносного горизонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гольдберг В.М.* Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В.М.Гольдберг, С.Газда. М.: Недра, 1984. 262 с.

2. *Куриленко В.В.* Основы управления природо- и недропользованием. Экологический менеджмент: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГУ, 2000. 219 с.

3. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / В.В.Куриленко, О.В.Зайцева, Е.А.Новикова, Н.Г.Осмоловская; под ред. В.В.Куриленко. СПб: Изд-во СПбГУ, 2004. 480 с.

REFERENCES

1. *Goldberg V.M*, *Gazda S.* Hydrogeological fundamentals of groundwater protection against pollution. Moscow: Nedra, 1984. 262 p.

2. *Kurylenko V.V.* Fundamentals of nature management and using of mineral resources. Ecological management: Handbook. Saint Petersburg: Saint Petersburg University, 2000. 219 p.

3. *Kurylenko V.V.*, *Zaitseva O.V.*, *Novikova E.A.*, *Osmolovskaya N.G.* Fundamentals of ecogeology, bioindication and bioassays of aquatic ecosystems / Edited by Kurilenko. Saint Petersburg: Saint Petersburg University, 2004. 480 p.