

ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Предпринята попытка дифференциации территории региона по степени защищенности подземных вод от загрязнения. Защищенность определяется перекрытостью водоносного горизонта слабопроницаемыми отложениями, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды. Выделены районы со слабой природной защищенностью, потенциально опасные в отношении некоторых видов химического и бактериального загрязнения подземных вод.

This paper makes an attempt to divide the territory of the region according to the degree of groundwater protection. Protection against pollution is provided by the tight sediment layer that prevents the penetration of contaminants from the surface into the aquifer. The author distinguishes areas of insufficient natural protection, potentially dangerous in terms of certain types of chemical and bacterial groundwater pollution.

Ключевые слова: природная защищенность, ареалы защищенности, подземные воды, Калининградская область.

Keywords: natural protection against pollution, areas of sufficient protection, groundwater, Kaliningrad region.

Хорошо известно, что подземные воды находятся в постоянном контакте с различными компонентами окружающей среды и их качество напрямую зависит от сложных физико-химических процессов, возникающих в результате этих контактов. Изменение качества подземных вод в результате загрязнения особенно заметно в промышленных регионах и в районах интенсивного применения химических удобрений и представляет собой огромную опасность для водоснабжения области. В таких условиях весьма актуальна проблема охраны подземных вод от техногенного загрязнения. Одним из возможных путей прогнозирования загрязнения и изменения качества подземных вод является изучение природной (литологической, естественной) защищенности. *Защи-*



ценность подземных вод — это *свойство* природной системы, позволяющее сохранить на прогнозируемый период состав и качество подземных вод соответствующими требованиям их практического использования [8, с. 218]. На настоящий момент существует множество методик, позволяющих оценить защищенность подземных вод. Часть этих методик дает качественную оценку территории и картирование защищенности подземных вод какого-либо региона без учета характеристик и свойств конкретных загрязнителей. В РФ наиболее популярна методика ВСЕГИНГЕО [5; 9], за рубежом — методика DRASTIC и ее модификации [13]. Другие методики дают количественную оценку и картирование защитных свойств природной системы применительно к конкретному виду загрязнения подземных вод (нефтепродуктами [12, с. 49–116], азотными соединениями [11], радиоактивными элементами [1; 2; 10]). Выбор конкретной методики зависит от массива исходных данных, масштаба исследований и характера загрязнения подземных вод [1].

Свойство защищенности, согласно В.М. Гольдбергу [5, с. 172; 9, с. 41], обуславливается «перекрытостью водоносного горизонта отложениями, прежде всего слабопроницаемыми, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды». Межпластовые воды защищены, если время обезвреживания загрязняющих веществ меньше времени их фильтрации до зеркала и тогда, когда при сплошном водоупоре пьезометрический уровень располагается выше уровня грунтовых вод и движение воды в данном месте может происходить только вверх. Для определения времени фильтрации (t) необходимо знать коэффициенты фильтрации (k) пород зоны аэрации (m): $t = m/k$ [6, с. 96]. Сложность в том, что замеры коэффициентов фильтрации выполняются редко, а региональное их распределение крайне недостаточно для прогнозов. Поэтому нами использовалась *методика*, разработанная доцентом кафедры географии океана РГУ им. И. Канта Г.Н. Ельциной и опробованная на примере нескольких районов Калининградской области в середине 1980-х гг. Согласно этой методике, фильтрационные свойства зоны аэрации оцениваются по трем условным градациям:

«а» — супеси и легкие суглинки с $k = 0,1 - 0,01$ м/сут и более.

«с» — тяжелые суглинки и глины с $k < 0,001$ м/сут.

«в» — смесь пород градаций «а» и «с».

Такое деление, с учетом классических формул расчета времени фильтрации загрязняющих веществ в водоносный горизонт [5, с. 171–177; 9, с. 22–23, 43], позволяет допустить, что 1 м породы «с» обеспечивает ту же защищенность что 2 м пород «в» и 10 м пород «а». Если защищенность определяется мощностью (M) зоны аэрации с учетом ее фильтрационных свойств (M'), можно выразить эту величину через мощность, пересчитанную на водоупор градации «с» — $M'c$:

$$M'c = M_c + 0,5M_b + 0,1M_a,$$

где M_c , M_b и M_a — мощности литологических разновидностей пород типов «а», «в» и «с», сосчитанные по разрезу каждой из скважин, пробуренных на исследуемой площади [11, с. 242].



Величина $M's$ (приведенная мощность водоупора) легко картируется в изолиниях и дает наглядное представление о природной защищенности подземных вод. Помимо этого учитывается наличие гидрогеологических окон. Время фильтрации загрязняющих веществ в водоносный горизонт можно примерно оценить следующим образом:

$$t = M's / kc,$$

где kc — коэффициент фильтрации пород группы c ($< 0,001$ м/сут) [11, с. 242]; величина t отображает условное время проникновения загрязняющих веществ в водоносный горизонт.

На защищенность в значительной степени влияет соотношение уровней грунтовых вод и вод московско-валдайского (ранее — средне-русско-валдайского) водоносного горизонта. При более низком уровне напорных вод по сравнению с уровнем грунтовых вод будет наблюдаться интенсификация проникновения загрязняющих веществ в водоносный горизонт. В противоположном случае напор межпластовых вод будет «выталкивать» загрязненные грунтовые воды и способствовать их лучшей защищенности.

В Калининградской области первый от поверхности и активно используемый, широко распространенный московско-валдайский водоносный горизонт перекрывают преимущественно ледниковые отложения различной мощности и чрезвычайно «пестрого» литологического состава. Данный водоносный горизонт несет на себе основную антропогенную нагрузку: в него инфильтруются атмосферные осадки, промышленные и сельскохозяйственные стоки, в перекрывающих его отложениях организованы свалки различных веществ (от бытового мусора до токсичных промышленных отходов). Воды московско-валдайского горизонта используются для водоснабжения отдельных объектов Калининградской области, а также в качестве источника централизованного водоснабжения для обеспечения Гусева, Озёрска, Правдинска, Гурьевска, Светлогорска, Черняховска, Светлого, пос. Железнодорожный [4, с. 51]. Таким образом, практически важным является изучение литологической защищенности подземных вод московско-валдайского водоносного горизонта Калининградской области, поскольку от его защищенности будет зависеть степень защищенности залегающих ниже водоносных горизонтов; при этом принимается движение загрязнителей только в вертикальном направлении сверху вниз. Цель работы — оценка литологической защищенности подземных вод московско-валдайского водоносного горизонта Калининградской области от загрязнения.

Фактический материал был собран в фондах научных организаций: ОАО Институт «Запводпроект», проектное бюро «Нимб», Калининградская гидрогеологическая экспедиция. В результате многоэтапной работы была построена карта (рис. 1) литологической защищенности московско-валдайского водоносного горизонта (масштаб 1:200000), выделены категории защищенности и основные действующие или потенциально опасные источники загрязнения подземных вод.

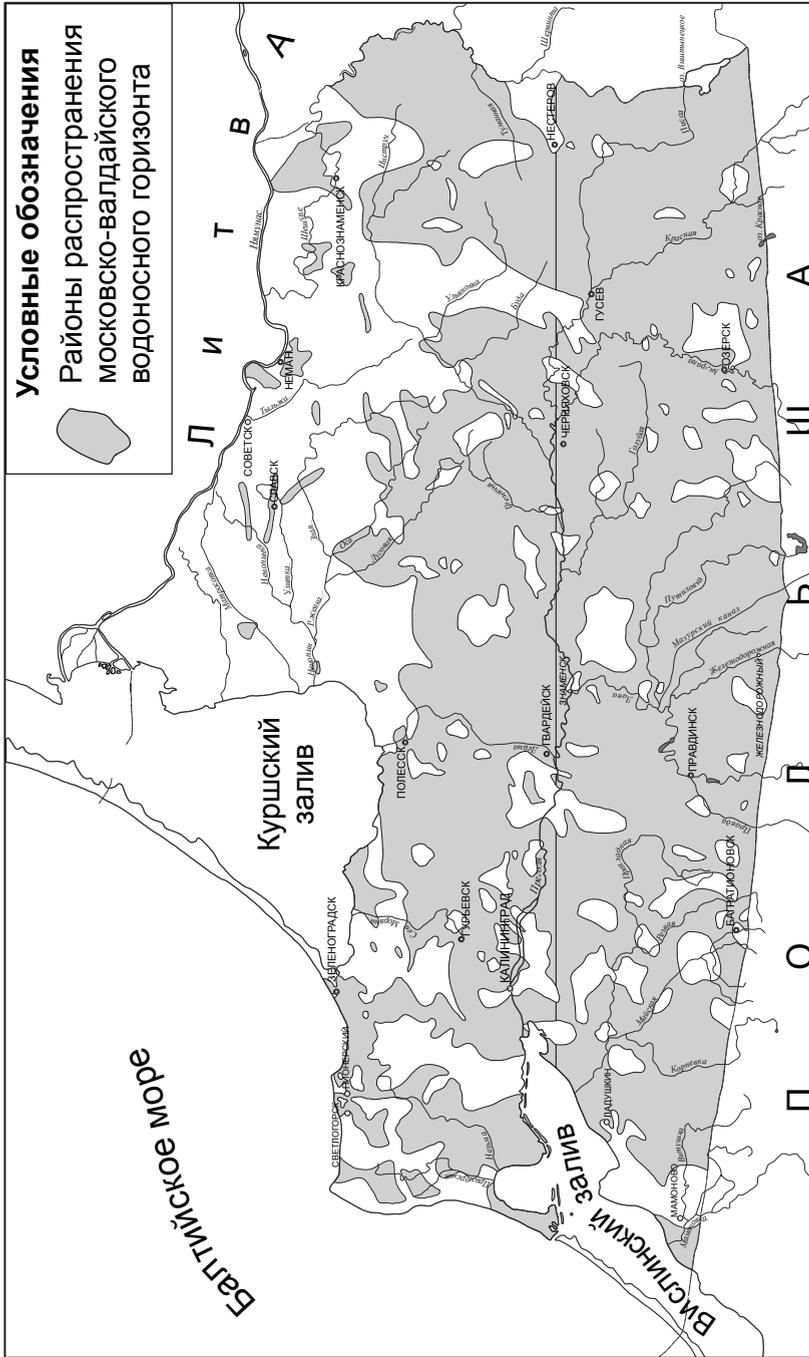


Рис. 1. Схема распространения московско-валдайского водоносного горизонта Калининградской области (составлена автором)



Московско-валдайский межморенный водоносный горизонт широко распространен, особенно в южной части области (см. рис. 1). Водовмещающими отложениями являются пески и гравийно-галечный материал различного гранулометрического состава. Мощность водоносного горизонта колеблется в широких пределах: от первых метров до 62,4 м, обычно же составляет 10–15 м. Глубина залегания московско-валдайского горизонта изменяется от первых метров до 70 м, но на большей части площади распространения он залегает на глубине 20–30 м. Абсолютные отметки кровли водоносного горизонта в значительной мере зависят от высотных отметок современного рельефа и колеблются от –8,9 до 124,2 м. Наиболее распространенные отметки – 0–30 м. Водоносный горизонт слабонапорный, величина напора колеблется от нескольких до 52 м и зависит в основном от глубины залегания водоносного горизонта. Пьезометрические уровни вод +1 ... –28 м от поверхности земли. В зависимости от гипсометрии современного рельефа абсолютные отметки пьезометрических уровней изменяются от 1 до 140 м и в сглаженном виде повторяют отметки современного рельефа [4, с. 49].

Анализ соотношения уровней подземных вод показал, что незначительная величина напора московско-валдайского водоносного горизонта и неглубокое расположение уровней грунтовых вод делают соотношение их уровней таковым, что в большинстве случаев будет наблюдаться перелив безнапорных вод в слабонапорный. В связи с результатами проведенного анализа соотношения уровней грунтовых и напорных вод московско-валдайского водоносного горизонта можно предположить, что установленные величины условного времени проникновения загрязняющих веществ окажутся несколько больше, чем реальный срок инфильтрации.

Водообильность горизонта очень изменчива. Она определяется главным образом гранулометрическим составом водовмещающих отложений, а также условиями залегания, объемом слоя и связью его с другими водоносными горизонтами, поверхностными водотоками и водоемами. Производительность скважин колеблется от 0,5 до 10 л/с и лишь в виде исключения составляет 36 л/с. Удельные дебиты обычно не превышают 2 л/с, но могут достигать 7 л/с. Коэффициенты фильтрации изменяются от 0,2 до 53 м/сут. Воды московско-валдайского горизонта пресные, в основном гидрокарбонатные кальциевые, общая минерализация 0,2–0,9 г/л. Химический состав вод непостоянный [4, с. 50–51; 7, с. 178].

Значения приведенной мощности верхнего водоупора московско-валдайского горизонта ($M'c$) составляют, как правило, 10 м и более (рис. 2). На большей части Калининградской области значения $M'c$ 10–20 м, что демонстрирует слабую тенденцию к увеличению названного показателя при продвижении на юг области, вслед за увеличением мощности ледниковых отложений, слагающих верхний водоупор. Максимальные значения $M'c$ наблюдаются в районах развития конечно-моренных отложений и могут достигать: на Виштынецкой возвышенности 50–70 м, на Вармийской возвышенности 30–50 м, на Инстручской гряде и Самбийском полуострове 30–35 м (рис. 2). Объясняется это наличием многометровой толщи слабопроницаемых отложений ледникового происхождения. В зависимости от приведенной мощности верхнего водоупора и условного времени проникновения загрязняющих веществ можно выделить следующие *категории защищенности* исследуемого горизонта.



Слабая защищенность ($M'c < 10$ м) свойственна области распространения равнин: плоских аллювиальных, аллювиально-морских, морских, озерных и волнистых флювиогляциальных. Характерны разнозернистые пески, песчанистые глины, супеси и легкие суглинки с включением валунов, гальки, гравия. Отмечается наличие гидрогеологических окон. Вместе с малой мощностью верхнего водоупора это создает условия для легкой фильтрации в горизонт и приводит к его загрязнению. Примерно пятая часть области характеризуется слабой защищенностью московско-валдайского горизонта ($M'c < 10$ м) (рис. 2). В распределении ареалов со слабой защищенностью наблюдается ряд закономерностей.

Первая группа ареалов со слабой природной защищенностью располагается в зоне развития конечно-моренных отложений (центральная часть Самбийского полуострова, ареалы близ городов Багратионовск, Озёрск, Гусев, западнее Виштынецкого озера). Их существование обусловлено присутствием флювиогляциальных отложений, образующих гидрогеологические окна и допускающие беспрепятственную фильтрацию загрязняющих веществ от поверхности к московско-валдайскому горизонту. Районы со слабой защищенностью обычно не занимают больших площадей, за исключением Виштынецкой возвышенности, где наиболее опасными представляются ареалы южнее г. Гусева, где располагается ВНС, снабжающая город (рис. 2). Вторая группа ареалов слабой защищенности приурочена к долинам рек: Преголи, Немана, Лавы и др. Уменьшение мощности слабопроницаемых ледниковых отложений или их полное уничтожение вследствие эрозионной деятельности рек, накопление в долинах хорошо фильтрующих отложений (как правило, супесчаных, песчано-гравийных, торфяных) способствует активному взаимодействию речных и подземных вод. Во время половодий возможно проникновение загрязненных речных вод в московско-валдайский горизонт. Особого внимания заслуживает ареал между Калининградом и Гвардейском (рис. 2). Здесь располагается одна из ВНС, обеспечивающая областной центр. Третья группа ареалов приурочена к берегам морей и заливов, часто включает устьевые участки рек – Деймы, Мамоновки, Нельмы, Приморской (рис. 2). Слабая защищенность этих территорий обусловлена активной переработкой прибрежных районов в ходе неоднократных трансгрессий (особенно литориновой). Московско-валдайский горизонт перекрывается мало-мощным слоем слабопроницаемых пород (ледниковых или озерно-ледниковых по происхождению) и (или) непосредственно морскими и озерно-морскими песчаными образованиями.

Условное время проникновения загрязняющих веществ с поверхности составит менее 30 лет (10 тыс. суток), что делает проблематичным функционирование водозаборов, расположенных на территориях со слабой защищенностью. В пределах данной категории защищенности на локальных участках возможно микробиологическое загрязнение (стандартный срок жизни бактерии кишечной палочки составляет от 30 суток до 300–400 дней), загрязнение стойкими и очень стойкими пестицидами, срок деструкции которых составляет до 10 лет [5, с. 177].



Удовлетворительная защищенность ($M's=10-20$ м) характерна для плоских озерно-ледниковых, озерных равнин, плоских и слабовыпуклых низинных и верховых равнин и отчасти холмистого рельефа основной морены. Толща сложена средними суглинками и супесями с включением гравия, гальки и валунов и валунными суглинками ледникового, песчано-глинистыми отложениями озерно-ледникового и флювиогляциального происхождения. Условное время проникновения загрязняющих веществ составит 30–60 лет. Несмотря на это, защищенность оценивается как удовлетворительная по следующим причинам. Во-первых, мощность непроницаемых пород относительно невелика. Во-вторых, соотношение уровней грунтовых вод и напорных вод московско-валдайского горизонта благоприятствует усиленной фильтрации грунтовых вод, поэтому значение действительного срока миграции загрязняющих веществ может оказаться меньшим.

Хорошая защищенность ($M'>20$ м) горизонта присуща области распространения холмистого рельефа основной и конечной морены. Толща сложена валунными глинами, суглинками и супесями ледникового и песчано-глинистыми отложениями озерно-ледникового происхождения. Литологические окна связаны с линзами песков. Наличие окон в некоторой степени компенсируется довольно мощной толщей слабофильтрующих отложений. Условное время проникновения загрязняющих веществ с поверхности составит более 60 лет. Потенциально воды московско-валдайского горизонта могут оставаться чистыми по отношению к наиболее распространенным загрязнителям.

Выводы

Знание защитных свойств отложений, перекрывающих водоносный горизонт сверху, позволяет с достаточной уверенностью выявлять районы, наиболее подверженные загрязнению подземных вод. Если приведенная мощность верхнего водоупора $M's$ будет иметь значение 10 м и более, то время проникновения загрязняющих веществ до уровня водоносного горизонта составит около 10 тыс. суток (27 лет), что намного превосходит время распада наиболее распространенных загрязнителей и обеспечивает амортизационный срок службы водозаборов, составляющий 10 тыс. суток [9, с. 44; 6, с. 97].

Потенциальную опасность составляют располагающиеся вблизи или непосредственно в ареалах слабой защищенности склады минеральных и органических удобрений, свалки ТБО. Гидравлическая связь рек и вод московско-валдайского горизонта, особенно активно проявляющаяся в районах со слабой защищенностью, грозит проникновением загрязняющих веществ из рек Преголя, Лава, Инструч, Шешупе, Неман, Дейма. Особое внимание необходимо сосредоточить на водозаборах, использующих воды московско-валдайского горизонта и расположенных в районах со слабой или удовлетворительной защищенностью: водозаборы Черняховска, Правдинска, Севского, Светлого, а также водозаборы «Южный» (Нестеров), «Яровое», «Центральный», «Северный» (Гусев).

Работа выполнена при частичной поддержке РНП ВШ 3714.



Список литературы

1. Белоусова А.П. Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М., 2001.
2. Белоусова А.П. Ресурсы подземных вод и их защищенность от загрязнения в бассейне реки Днепр и отдельных его областей // Российская территория. М., 2005.
3. Географический атлас Калининградской области / гл. ред. В.В. Орленок. Калининград, 2002.
4. Гидрогеология СССР. Калининградская область РСФСР. Т. 45. М., 1970.
5. Гольдберг В.М. Оценка условий защищенности подземных вод и построение карт защищенности // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. М., 1984. С. 171–177.
6. Елохина С. Н. Учет защищенности и загрязнения подземных вод при долгосрочном планировании // Охрана природных вод Урала. 1982. №13. С. 95–98.
7. Загородных В.А., Довбня А.В., Жамойда В.А. Стратиграфия Калининградского региона / науч. ред. Г.С. Харин. Калининград, 2001.
8. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М., 2001.
9. Методическое руководство по охране подземных вод от загрязнения. М., 1979.
10. Рогачевская Л.М. Региональная оценка уязвимости грунтовых вод восточной части Днепровского артезианского бассейна к радионуклидному загрязнению: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2002.
11. Сергин С.С., Зотов С.И., Баринова Г.М., Ельцина Г.Н. Об оценке и прогнозировании состояния подземных вод в связи с хозяйственной деятельностью // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1985. Т. 8. С. 240–245.
12. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия / отв. ред. В.И. Осипов. М., 2001.
13. Witkowski A.J., Vrba J., Kowalczyk A. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping // AN-Selected Papers. V. 11. London, 2007.

Об авторе

Г.С. Михневич – ст. препод., РГУ им. И. Канта, mi78galina@mail.ru, ocean@kantiana.ru

Author

G. Mikhnevich, Assistant Professor, Department of Ocean Geography, IKSUR, mi78galina@mail.ru, ocean@kantiana.ru