

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ В ДОЛИНЕ РЕКИ НИВЫ (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. А. Жабина, С. П. Пасмарнова

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 1 марта 2012 г.

**Аннотация.** Рассмотрены защитные свойства зоны аэрации и возможность инфильтрации загрязняющих веществ с поверхности земли в грунтовые воды. Проанализированы гидродинамические условия, определяющие возможность поступления загрязненных вод в напорные водоносные комплексы.

**Ключевые слова:** подземные воды, водоносный горизонт, зона аэрации, слабопроницаемые отложения, литологический состав, градиент напора, защищенность подземных вод.

**Abstract.** Consider protect property of aeration zone and possibility of infiltration polluted waters with earth surface into pressure water-bearing complex. The hydrodynamic conditions that defining possibility of receipt of polluted waters in pressure head water-bearing complexes are analysed.

**Key words:** underground waters, water-bearing horizon, an aeration zone, poorly nontight sedimentation, lithological structure, a pressure gradient, security of underground water

В районах, где качественные и количественные характеристики водоносных горизонтов позволяют использовать подземные воды для питьевого водоснабжения, потребительские свойства данных горизонтов будут определяться условиями их защищенности от поступления загрязнения. В настоящей статье авторы анализируют условия защищенности от загрязнения водоносных горизонтов, рекомендованных Мурманской ГРЭ в качестве источника водоснабжения для города Кандалакша Мурманской области.

Район исследований входит в состав Балтийского гидрогеологического бассейна, который характеризуется развитием поровых вод в четвертичных отложениях и трещинных вод кристаллических пород [1].

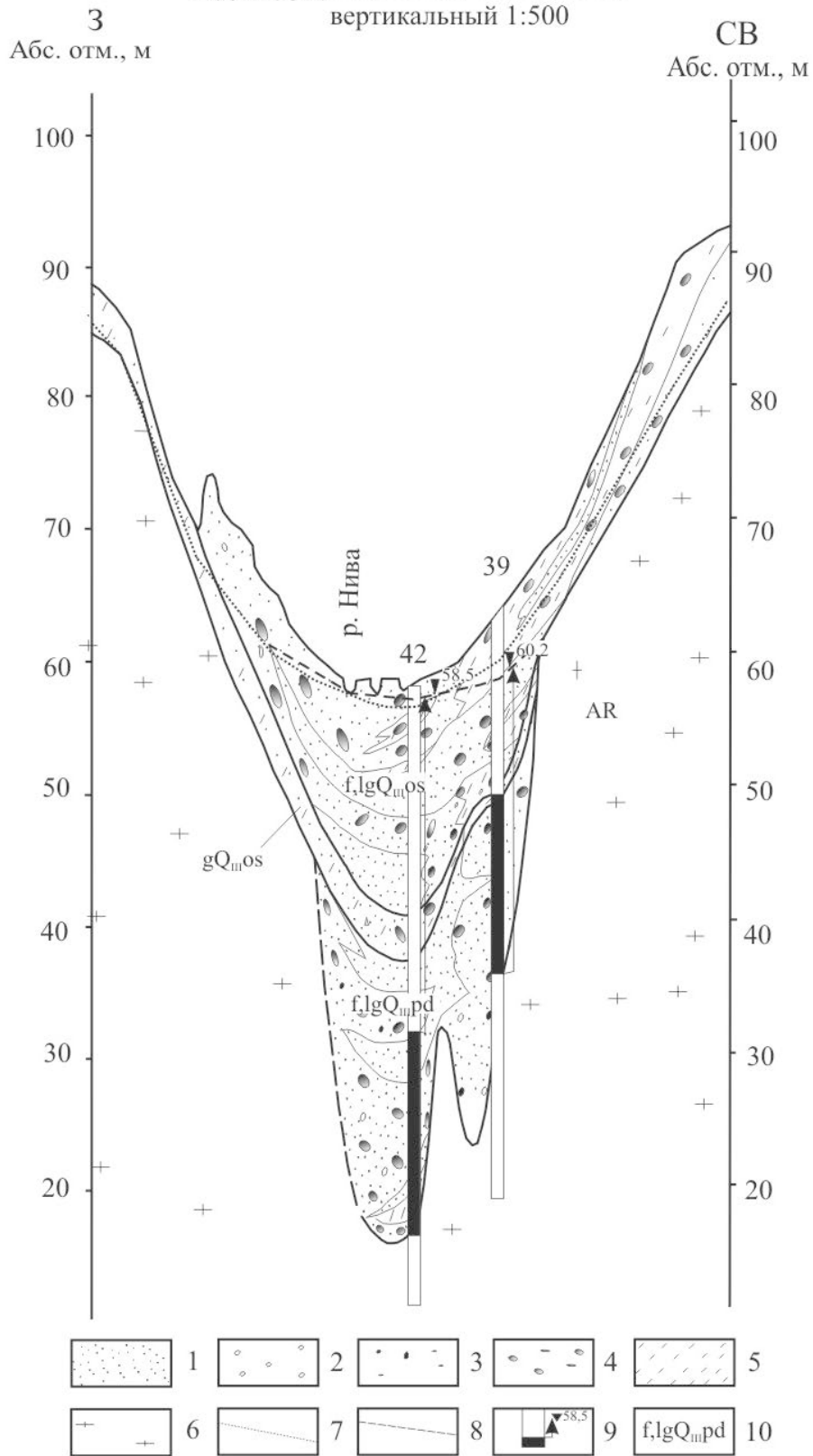
Первым от поверхности широко развитым горизонтом на рассматриваемой территории является водоносный ошашковский водно-ледниковый горизонт ( $f, lgQ_{III,os}$ ). Водовмещающие породы представлены валунно-гравийно-галечными отложениями с песчаным разнородным заполнителем с прослоями супеси. Мощность горизонта колеблется от 5,1 м до 18 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод изменяется от долей метра до 7,0 м. Коэффициент фильтрации водовмещающих отложений варьирует в пределах 1,34–20,8 м/сут.

Залегающий ниже ошашковский ледниковый горизонт ( $gQ_{III,os}$ ) преимущественно слабопродуктивный. Литологический состав горизонта представлен валунно-гравийно-галечными отложениями с супесчаным заполнителем, коэффициент фильтрации которых составляет 0,02 м/сут. Горизонт выполняет роль относительного водоупора для залегающего ниже водоносного подпорожского водно-ледникового горизонта. Мощность ошашковского ледникового горизонта изменяется от 0,5 до 9,5 м.

В нижней части разреза четвертичных отложений, заполняющих ложе долины реки Нивы (рис. 1), залегают водоносный подпорожский водно-ледниковый горизонт ( $f, lgQ_{III,pd}$ ).

Горизонт развит узкой полосой (300–600 м) вдоль современного русла реки и залегают на глубине от 7,0 до 22,0 м. Мощность горизонта колеблется от 7,3 м до 28,1 м, достигая максимальной величины вблизи современного русла реки Нивы. Водовмещающими породами являются валунно-гравийно-галечные отложения с песчаным заполнителем, с прослоями супеси и песка. Коэффициенты фильтрации составляют 19,5–30,8 м/сут. Горизонт напорный. Учитывая сравнительно высокие фильтрационные свойства и большую мощность, водоносный подпорожский водно-ледниковый горизонт оценивается как наиболее перспективный для использования его в качестве источника водоснабжения г. Кандалакши.

Масштабы: горизонтальный 1:10000  
вертикальный 1:500



**Рис. 1.** Схематический гидрогеологический разрез долины р. Нивы: 1 – пески; 2 – гравий; 3 – галька; 4 – валуны; 5 – супесь; 6 – кристаллические образования; 7 – уровень подземных вод водоносного ошастковского водно-ледникового горизонта; 8 – уровень подземных вод водоносного подпорожского водно-ледникового горизонта; 9 – скважина (цифра – абс. отм. уровня воды); 10 – индекс гидрогеологического подразделения

Фильтрация загрязненных вод с поверхности земли в водоносные горизонты практически всегда возможна. Главным образом она зависит от мощности зоны аэрации, литологического состава и фильтрационных свойств слагающих ее отложений [2–4].

На рассматриваемой территории в геологическом строении зоны аэрации участвуют породы четвертичного возраста ледникового генезиса, представленные преимущественно валунно-гравийно-галечными отложениями с супесчаным заполнителем. Мощность отложений изменяется от 0,6 до 11,1 м, при этом максимальная мощность наблюдается в бортах долины.

Следует отметить, что количество данных о фильтрационных свойствах пород зоны аэрации весьма ограничено, так как специальные работы по этому вопросу на исследуемой территории не проводились. Имеющиеся сведения показывают, что значения коэффициента фильтрации колеблются в пределах 1,3–20,8 м/сут.

Защитные свойства зоны аэрации оцениваются временем прохождения через нее загрязнителя в расчете на наихудший случай, т.е. несорбируемый почвами и породами зоны аэрации поллютант. Для приближенной оценки времени, за которое инфильтрующиеся с поверхности земли воды, загрязненные нейтральными веществами, достигнут уровня грунтовых вод, авторы использовали следующую формулу [5], полученную Н.Н. Биндеманом:

$$t = M \cdot \mu / v,$$

где  $v$ , м/год – скорость фильтрационного просачивания грунтовых вод;  $\mu$  – недостаток насыщения пород зоны аэрации;  $M$  – мощность зоны аэрации (м).

Для определения скорости инфильтрационного просачивания  $v$  (м/сут) в зоне аэрации использовалось следующее уравнение [6]:

$$v = (1 / \theta_n) \sqrt[3]{W^2 \cdot k_\phi}$$

где  $\theta_n$  – полная влагоемкость;  $W$  – инфильтрационное питание (м/сут);  $k_\phi$  – коэффициент фильтрации пород зоны аэрации (м/сут).

Среднегодовая величина инфильтрационного питания, вычисленная нами по данным режимных наблюдений, составляет 180 мм/год ( $4,9 \cdot 10^{-4}$  м/сут). Значения недостатка насыщения (0,15–0,20) и полной влагоемкости (0,4) пород зоны аэрации были приняты в соответствии с их литологическим составом [6].

В результате анализа полученных данных установлено, что время достижения фронтом инфильт-

рующей влаги уровня грунтовых вод ( $t$ ) в целом незначительно и изменяется от 3 до 58 суток, что позволило нам охарактеризовать грунтовые воды на рассматриваемой территории как незащищенные от поверхностного загрязнения. При этом в бортах долины защитные свойства зоны аэрации несколько выше ( $t = 20$ –58 суток), чем в центральной части ( $t = 3$ –20 суток), что связано с незначительным увеличением мощности (до 11,1 м) зоны аэрации и снижением фильтрационных свойств слагающих её отложений в связи с преобладанием в литологическом составе пород глинистых разностей (рис. 2).

Возможность проникновения загрязненных грунтовых вод в водоносный подпорожский водно-ледниковый горизонт ( $f, lgQ_{IIIpd}$ ), являющийся напорным, зависит прежде всего от соотношения уровней ( $H_2$ ) данного горизонта и вышележащего ( $H_1$ ) осташковского водно-ледникового водоносного горизонта.

В случае, когда  $H_2 > H_1$ , что наблюдается в центральной части долины реки Нивы, формируется положительный вертикальный градиент напора, препятствующий движению загрязненных вод сверху конвективным путем, а диффузионный перенос тормозится до минимальных размеров. Таким образом, на данном участке водоносный подпорожский водно-ледниковый горизонт надежно защищен от поступления загрязнения (рис. 2). Следует отметить, что такие условия защищенности будут существовать до тех пор, пока сохраняется указанное выше соотношение уровней.

В бортах долины реки Нивы пьезометрический уровень рассматриваемого напорного горизонта ниже уровня грунтовых вод ( $H_2 < H_1$ ), следовательно формируется отрицательный вертикальный градиент напора и возникают гидродинамические условия перетекания загрязненных вод из вышележащего осташковского водно-ледникового водоносного горизонта ( $f, lgQ_{IIIos}$ ) в нижележащий подпорожский водно-ледниковый водоносный горизонт ( $f, lgQ_{IIIpd}$ ) через разделяющий осташковский ледниковый слабо водоносный горизонт ( $gQ_{IIIos}$ ), выполняющий роль относительного водоупора. Время фильтрации зависит от мощности разделяющего водоупора, фильтрационных свойств слагающих его пород и приближенно оценивается нами по следующей формуле [2]:

$$t = \frac{m_0^2 \cdot n}{K_0 \cdot \Delta H},$$



**Рис. 2.** Схематическая карта условий защищенности от загрязнения подземных вод в долине р. Нивы (масштаб 1 : 10 000)

где  $\Delta H = H_1 - H_2$ ;  $n$  – пористость водоупорных пород;  $m_0$  – мощность водоупора;  $K_0$  – коэффициент фильтрации водоупорных пород.

Выполненные расчеты показали, что время проникновения загрязненных грунтовых вод в напорный подпорожский водно-ледниковый водоносный горизонт в бортах долины реки Нивы не превышает 14 суток. Следовательно на указанных участках подземные воды данного горизонта можно считать незащищенными от поступления загрязнения сверху.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что на рассматриваемой территории для грунтовых вод повсеместно, а для напорных вод подпорожского водно-ледникового горизонта ( $f, lgQ_{\text{ш}}pd$ ) – в бортах долины реки Нивы существует реальная угроза загрязнения. Потенциальным источником загрязнения водоносных горизонтов в рассматриваемом районе является Кандалакшский алюминиевый завод, расположенный в двух километрах к югу от исследуемого участка; так как загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу с промышленными выбросами указанного предприятия, могут осаждаться на поверхности земли и затем вместе

с атмосферными осадками просачиваться в грунтовые воды. В заключение следует отметить, что при существующих условиях защищенности от поверхностного загрязнения продуктивных водоносных горизонтов в долине реки Нивы, необходима организация четкого контроля за состоянием зон санитарной охраны водозаборов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР. Т. XXVII. Мурманская область и Карельская АССР. – М. : Недра, 1971. – 295 с.
2. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод / сост. В. М. Гольдберг. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1980. – 46 с.
3. Пасмарнова С. П. Геологическое строение зоны аэрации как фактор защищенности грунтовых вод от техногенного загрязнения / С. П. Пасмарнова, Ю. М. Зинюков // Научно-методические основы и практика регионального гидрогеологического изучения и картографирования : материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. – М. : ВСЕГИНГЕО, 2001. – С. 68–70.
4. Смирнова А. Я. Методика составления карт защищенности от загрязнения подземных вод на примере Воронежской области / А. Я. Смирнова // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1992. – № 1. – С. 103–115.

5. Биндеман Н. Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод / Н. Н. Биндеман. – М. : Госгеотехиздат, 1963. – 203 с.

*Воронежский государственный университет*  
*А. А. Жабина, магистрант геологического факультета*  
*zhabina\_anna@mail.ru*

*С. П. Пасмарнова, кандидат географических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии*  
*Тел. 8 (473) 220-89-80*

6. Белоусова А. П. Экологическая гидрогеология / А. П. Белоусова [и др.]. – М. : Академкнига, 2007. – 397 с.

*Voronezh State University*  
*A. A. Zhabina, graduate of Geology faculty*  
*zhabina\_anna@mail.ru*

*S. P. Pasmarnova, Candidate of Geografic Sciences, senior lecturer of chair of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology*  
*Tel. 8 (473) 220-89-80*