

<sup>1</sup>А.Н. ТРИФОНОВ, <sup>2</sup>С.К. МУСТАФИН

**ЗАЩИЩЕННОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

<sup>1</sup> Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина, Россия,  
гг. Санкт-Петербург – Пушкин

[tan-geo@mail.ru](mailto:tan-geo@mail.ru)

<sup>2</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия,  
Республика Башкортостан, г. Уфа.

[sabir.mustafin@yandex.ru](mailto:sabir.mustafin@yandex.ru)

*Актуальная проблема защищенности подземных вод урбанизированных территорий от антропогенного загрязнения рассматривается на основе анализа материалов характеризующих водоносные комплексы Ленинградской области и Республики Башкортостан Российской Федерации, а также Гомельской области Республики Беларусь.*

В Новом Докладе ООН о состоянии водных ресурсов, представленном на 6-м Всемирном форуме по водным ресурсам (Марсель, Франция, март 2012) отмечалось, что к 2015 году 86 % населения развивающихся стран получают доступ к чистой питьевой воде.

Чтобы справиться с растущим спросом на водные ресурсы, все чаще стали прибегать к использованию подземных источников воды. За последние 50 лет извлечение подземных вод утроилось, что представило своего рода «бесшумную революцию». В некоторых подземных резервуарах запасы подземных вод фактически не возобновляемы и потому достигли критически низкого уровня. Более 80 % сточных вод в мире не поступает в коллекторы или не проходит очистку [8].

Оценка уязвимости подземных вод необходима для обоснования мероприятий по предотвращению и ухудшению их качества или загрязнения. Термин «уязвимость подземных вод к загрязнению» введен французским гидрогеологом J. Margat [12].

Концепция уязвимости подземных вод допускает, что геологическая среда способна обеспечить защиту подземных вод от природного и техногенного поступления загрязняющих веществ в системе «почва – порода» [9].

Уязвимость подземных вод рассматривается как свойство системы подземных вод, зависящее от чувствительности или способности этой системы справляться с природными процессами и технологическими воздействиями [13].

Картирование естественной защищенности подземных вод от загрязнения предполагает выделение природных препятствия – барьеров, исключая или затрудняющих проникновение загрязняющих веществ в водоносный горизонт [12].

При оценке защищенности подземных вод значимы гидрогеохимические условия (барьеры) формирования в техногенно нарушенных системах [7].

Выделяются три группы факторов, обуславливающих защищенность подземных вод: природные, техногенные и физико-химические [2].

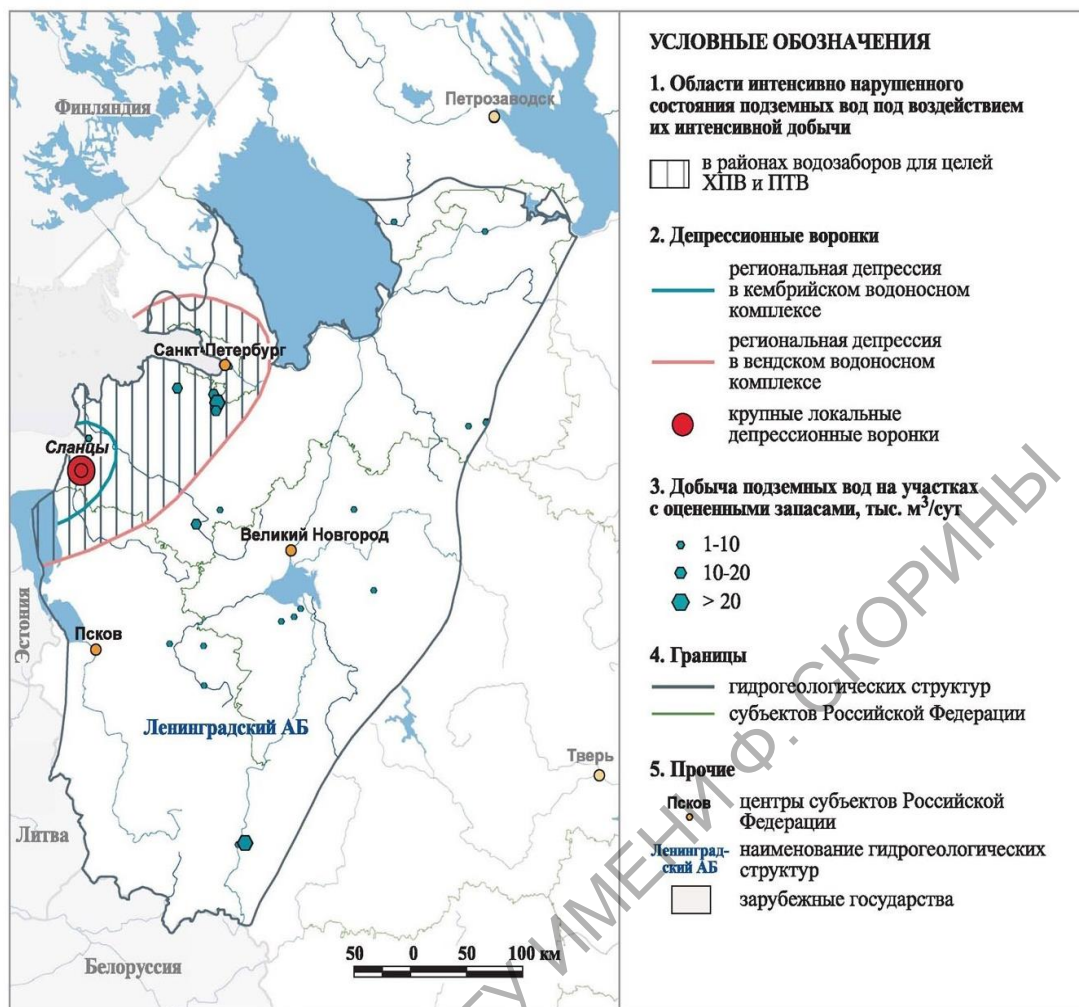
Разработка общепризнанного и общеприемлемого определения уязвимости не предполагает стандартизированного подхода к картированию уязвимости. Гидрогеологические среды слишком разнообразны, чтобы подвергать их стандартизированной оценке. Карта уязвимости подземных вод от загрязнения базируется на оценке нескольких параметров, которые варьируют по регионам как функция геологической среды. Основными факторами оценки уязвимости подземных вод являются величина питания, почва, свойства и показатели ненасыщенной и насыщенной зон [9].

В настоящем сообщении термин защищенность используется как синоним уязвимости.

Ленинградский артезианский бассейн общей площадью 180 тыс. км<sup>2</sup> приурочен к северо-западному склону Восточно-Европейской платформы и характеризуется суммарными прогнозными ресурсами – 14,5 млн. м<sup>3</sup>/сут. и средним модулем прогнозных ресурсов – 0,93 л/(с · км<sup>2</sup>). Территория Ленинградской области обеспечена пресными подземными водами; загрязнено не более 10 % вод. Выделяются две региональные депрессии: в кембрийском водоносном комплексе, захватывающая практически весь Юго-Запад области, в вендском водоносном комплексе у города Сланцы. Области нарушенного состояния ПВ на рисунке 1.

Пресные воды ордовикского водоносного комплекса из трещиноватых закарстованных известняков и доломитов Волосовского, Волховского, Гатчинского, Кингисеппского, Киришского, Кировского, Ломоносовского, Лужского районов области и юго-западной части Санкт-Петербурга, используются для хоз-питьевого водоснабжения. Пресная, с повышенной жесткостью, вода комплекса, связана с атмосферными осадками и поверхностными водами.

Напорные воды кембро-ордовикского водоносного комплекса залегающего под четвертичными отложениями на глубине 1–10 м добывают в Волховском, Гатчинском, Кингисеппском, Кировском, Лужском, Сланцевском, Тосненском районах. Комплекс с увеличением мощности от 2–4 до 50–60 м погружается к югу и юго-востоку на глубину 200 м.



**Рисунок 1 – Области интенсивного нарушенного состояния подземных вод на территории Ленинградского артезианского бассейна (по состоянию на 01.01.2008 г.) [5]**

Нижнекембрийский (ломоносовский) водоносный горизонт мощностью 1–25 м по причине низкой водообильности используется объектами небольшой водопотребности западной части области. Глубина залегания водовмещающих песчаников, переслаивающиеся с глинами на побережье Финского залива 4–14 м, на западе области – более 200 м.; мощность увеличивается с 5–12 до 35–65 м.

Вендский водоносный комплекс широко развит кроме северной и северо-западной части области. Песчаники залегают на глубинах 100-140 м в центральной части, 600 м и выше – в южной. На юго-восток мощность растет от 40 до 250 м.

Воды архейско-нижнепротерозойского комплекса кристаллических пород (кристаллические сланцы, гранито-гнейсы, гнейсы) используются в Приозерском и Выборгском районах. Водообильность низкая; на юго-востоке воды становятся минерализованными и малоприспособленными для питьевого водоснабжения.

Пресные воды гдовского водоносного комплекса распространены в северной части Карельского перешейка. Воды верхнепротерозойского водоносного комплекса используются для водоснабжения в восточной части области. Вода из подземных источников Ленинградской области, как правило, довольно жесткая и обогащена железом и марганцем.

Более 60 % источников характеризуются высоким содержанием сероводорода, а в воде из неглубоких скважин (до 50 м) чаще всего присутствуют техногенные загрязнения – неорганические, органические и микробиологические.

Многолетние исследования гидрохимических особенностей подземных вод Волго-Уральского артезианского бассейна и Уральской гидрогеологической области (в пределах территории Республики Башкортостан) позволили составить карту защищенности пресных подземных вод региона от загрязнения через зону аэрации [1].

В пределах Предуралья, входящего в состав Волго-Уральского артезианского бассейна к условно защищенным являются: 1) верхнепермские водоносные комплексы с межпластовыми водами Бугульминско-Белебеевской возвышенности и Общего Сырта; 2) верхнепермские, неогеновые и неоген-четвертичные образования Прибельской равнины; 3) нижнепермские терригенные комплексы Приайской равнины и верхнепермские предгорий западного склона Урала. К незащищенным относятся водоносные комплексы: 1) площадей карстующихся карбонатных и сульфатных нижнепермских образований Уфимского плато и Прибельской равнины; 2) нижнепермских терригенных комплексов Белокатайского плато и западного склона Урала с маломощным суглинистым слоем или с его отсутствием; 3) аллювиального четвертичного горизонта долин рек (пойма и первая надпойменная терраса).

Область Горного Урала, входящей в состав Уральской гидрогеологической области, характеризуется развитием подземных вод зон открытой трещиноватости метаморфических образований. Воды всех комплексов территории Зауралья отнесены к незащищенным.

Подземные воды территории Зауралья (Сакмаро-Таналыкская и Кизило-Уртазымская равнины), отнесены к условно защищенным в связи с практически повсеместным перекрытием водоносных толщ делювиальными неоген-четвертичными суглинистыми и глинистыми отложениями [1]. К незащищенным относятся воды участков речных долин и логов с глубиной залегания как грунтовых вод четвертичного горизонта и воды зоны трещиноватости на глубинах 1–5 м; а также воды площади развития карстующихся каменноугольных карбонатных пород.

Мониторинг подземных вод на территории Республики Беларусь весьма эффективно проводится в соответствии с государственными программами Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [6].

На территории Республики Беларусь выделяются артезианские бассейны: Оршанский, Прибалтийский, Брестский и Припятский основные водоносные комплексы которых заключены в толще осадочного чехла. Выделяются три зоны, различающиеся степенью закрытости водоносных горизонтов: 1) верхняя – активного водообмена (пресные и солоноватые гидрокарбонатные воды); 2) средняя – замедленного водообмена (солёные воды и рассолы хлоридно-натриевые и хлоридно-кальциевые); 3) нижняя – весьма замедленного водообмена с участками застойного режима (термальные рассолы, хлоридно-кальциевые).

На территории Беларуси мониторинг подземных вод обеспечивается системой наблюдений представленной в среднем 2 скважинами на 1000 км<sup>2</sup> (таблица 1).

Объектами наблюдения при проведении мониторинга подземных вод в Беларуси являются грунтовые и артезианские подземные воды. По речным бассейнам распределение гидрогеологических постов следующее: р. Западная Двина – 9 г/г постов, р. Неман – 30, р. Западный Буг – 10, р. Днепр – 24 и р. Припять – 24 г/г поста. По областям режимная наблюдательная сеть распределяется по областям Республики Беларусь следующим образом: Брестская – 21 г/г пост, Витебская – 14 г/г постов, Гомельская – 21 г/г пост, Гродненская – 10 г/г постов, Минская – 26 г/г постов, Могилевская – 5 г/г постов.

**Таблица – 1 Плотность сети наблюдательных скважин по бассейнам рек территории Республики Беларусь [6]**

Бассейн реки	Количество наблюдательных скважин	Площадь речного бассейна, км <sup>2</sup>	Плотность сети скважин на 1000 км <sup>2</sup>
Зап. Двина	27	33149	0,81
Неман	110	45530	2,42
Зап. Буг	51	9994	5,10
Днепр	88	67545	1,3
Припять	73	50899	1,43

Согласно Государственному реестру пунктов наблюдений НСМОС в соответствии с масштабом контролируемых процессов наблюдательная сеть делится на три ранга: национальный, фоновый и трансграничный.

Гидрогеохимический режим в 2015 г. наблюдался по 257 скважинам (125 скважин на грунтовые и 132 скважины на артезианские воды). Анализ показал, что среднее содержание основных контролируемых макрокомпонентов в подземных водах находится в пределах от 0,06 до 0,26 ПДК, что свидетельствует об удовлетворительном качестве подземных вод. Незначительное увеличение содержания отмечено по нитратам, хлоридам, натрию, что обусловлено, скорее всего, влиянием природных и антропогенных факторов. Качество подземных вод по таким показателям, как повышенные содержания железа, марганца и низким значениям фтора, йода, окисляемости перманганатной, что обусловлено влиянием естественных (природных) факторов. Влияние сельскохозяйственных, коммунально-бытовых, промышленных источников загрязнения приводит к локальным превышениям ПДК по  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , общей минерализации, общей жесткости.

По разнообразию и запасам природных и гидроминеральных ресурсов Гомельская область занимает первое место в Республике Беларусь [11].

Однако, в результате катастрофы на ЧАЭС около 70 % территории области подверглось радионуклидному загрязнению с плотностью по Cs-137 более 1 Ки/км<sup>2</sup>. Это обстоятельство в значительной степени ограничивает перспективы использования минеральных ресурсов, ставя их в зависимость от радиоэкологических условий местности [12].

На территории области по данным [4] представлены различные типы минеральных вод:

1. Минеральные воды без специфических компонентов и свойств – гидрокарбонатно-хлоридные, сульфатные, сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные минеральные воды и хлоридные минеральные воды и рассолы, распространенные на глубине 250–600 м.

2. Бромные и йодо-бромные минеральные воды и рассолы с минерализацией более 100 г/дм<sup>3</sup> на глубине от 1500 до более 4500 м.

3. Сероводородные минеральные воды с содержанием сероводорода более 0,2–0,3 г/дм<sup>3</sup> хлоридного натриевого состава и минерализацией более 300 г/дм<sup>3</sup> залегающие в пределах Ельского района и содержащие стронций, бром и йод.

4. Железистые минеральные воды (железа более 0,02 г/дм<sup>3</sup>) хлоридного магниевое-кальциево-натриевого состава и минерализацией около 4,4 г/дм<sup>3</sup> приуроченные к отложениям верхнего протерозоя и залегают на глубине 50–178 м.

5. Минеральные воды с высоким (до 0,3 г/дм<sup>3</sup>) содержанием гумусовых веществ общей минерализацией 1,9–2,4 г/дм<sup>3</sup>, содержащие бром, йод, фтор и аммоний.

Гомельская область обладает благоприятными условиями и необходимыми природными ресурсами для создания санаторно-курортных, рекреационных и лечебно-профилактических учреждений. Исключение составляет часть территории (28 из

40,4 тыс. км<sup>2</sup>), подвергаясь радиоактивному загрязнению. Минеральные воды Гомельской области широко применяются для лечения в таких санаториях как: «Васильевка», «Приднепровский», «Сидельники», «Золотые пески», «Алые паруса», «Гомсельмаш», «Сосны» [3].

Системы мониторинга подземных вод национального, фонового, трансграничного уровней обеспечит защищенность подземной гидросферы урбанизированных территорий.

### Список литературы

- 1 Абдрахманов Р.Ф., Чалов Ю.Н., Абдрахманова Е.Р. Пресные подземные воды Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2007. – 184 с.
- 2 Гольдберг, В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. 248 с.
- 3 Гомельский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.naturegomel.by/ru/> – Дата доступа: 14.04.2016.
- 4 Каропа, Г.Н. и др. Гомельская область. М-во образования РБ, Гомельский гос. университет им. Ф. Скорины. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. – 168 с.
- 5 Карта интенсивно нарушенного состояния подземных вод на территории Ленинградского артезианского бассейна. <http://hge.spbu.ru/mapgis/subekt/>
- 6 Мониторинг подземных вод. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2015. [Электронный ресурс] – <http://www.ecoinfo.by/uploads/archive/Book2015/3-groundwater.pdf>
- 7 Новый Доклад ООН о состоянии водных ресурсов: Глобальные водные ресурсы испытывают сильное негативное воздействие со стороны быстро растущего спроса и изменения климата. 12.03.2012 – UNESCO PRESS. 6-м Всемирном форуме по водным ресурсам в Марселе (Франция)
- 8 Питьева, К.Е. Гидрогеологические аспекты охраны геологической среды. – М.: Наука, 1984. 221 с.
- 9 Пресные воды Мира: ресурсы, использование, прогнозы / под ред. И.С. Зекцера; Ин-т вод. Проблем РАН. – М.: Наука, 2007. – 438 с.
- 10 Роговская, Н.В. Карта естественной защищенности подземных вод от загрязнения // Природа. 1976. – № 3. – С. 57–61.
- 11 Ясовеев, М. Г. Минеральные воды и лечебные пелоиды Беларуси: ресурсы и современное использование. – Минск: Право и экономика, 2005. – 346 с.
- 12 Margat J. Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine à la pollution = Groundwater vulnerability to contamination: Bases de la cartographie. Orleans: BRGM, 1968.
- 13 Vrba J., Zaporozec A. Guidbook on mapping groundwater vulnerability // Intern. Contrib. Hydrogeol. – 1994. – Vol. 16. – P. 131.

**A.N. TRIFONOV, S.K. MUSTAPIN**

### **PROTECTION OF UNDERGROUND WATERS OF URBANIZED TERRITORIES**

*The actual problem of the protection of underground waters of urbanized areas from anthropogenic pollution is considered on the basis of an analysis of materials characterizing the water-bearing complexes of the Leningrad Region and the Republic of Bashkortostan of the Russian Federation, as well as the Gomel Region of the Republic of Belarus.*