

**М.Г. Ясовеев,**  
доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
заведующий кафедрой экономической географии  
и охраны природы БГПУ;  
**Д.Д. Таликадзе,**  
аспирант кафедры экономической географии  
и охраны природы БГПУ;  
**А.А. Колосовский,**  
магистр педагогических наук,  
преподаватель кафедры экономической географии  
и охраны природы БГПУ

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ВОД НА ГРУППОВЫХ ВОДОЗАБОРАХ МИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

**В**ведение. Беларусь является страной с хорошо развитой структурой народного хозяйства, что оказывает интенсивное техногенное воздействие на окружающую среду, в том числе на водные ресурсы. Ввиду этого актуальность проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой велика, особенно, если речь идет о крупнейшем городе страны, Минске.

Цель работы – разработать рекомендации по улучшению качества воды водозаборов Минской агломерации. Задачи исследования – оценить условия формирования водных ресурсов и определить роль факторов техногенного воздействия на водоносные горизонты.

**Методика проведения исследований.** На основании анализа имеющихся фактических материалов проведена комплексная оценка условий формирования ресурсов подземных пресных вод. На начальном этапе исследований оценивались природные условия формирования водных ресурсов, что позволило определить степень защищенности вод от техногенного воздействия. На следующем этапе исследовалось загрязнение источников водоснабжения и интенсивность влияния отдельных факторов техногенного воздействия

на водные ресурсы. В результате разработаны рекомендации по минимизации техногенного воздействия на водные ресурсы Минской агломерации.

**Условия формирования водных ресурсов и качество воды.** Город Минск снабжается водами 12 групповых водозаборов (таблица), расположенных на расстоянии до 50 км от города [1], отдельных ведомственных скважин, а также за счет использования Минско-Вилейской водной системы (МВВС). Территория формирования водных ресурсов, используемых для водоснабжения Минской агломерации, повсеместно освоена, является зоной интенсивной хозяйственной деятельности и подвергается усиленной техногенной нагрузке [2]. Природные условия территории формирования водных ресурсов, в частности равнинный, слабо расчлененный рельеф, низкая интенсивность современных геологических процессов, высокая обильность подземных вод, предопределяют средний уровень устойчивости природной среды к техногенному воздействию [2].

Добыча подземных вод осуществляется посредством артезианских скважин глубиной 80–300 м, которые оборудованы на днепровско-сожском, вендском и рифейском водоносных горизонтах.

Таблица – Основные сведения по эксплуатации подземных вод на групповых водозаборах г. Минска [1]

| Наименование водозабора | Индекс эксплуатируемого водоносного горизонта | Год ввода в эксплуатацию | Год утверждения запасов | Разведанные запасы по категориям А+В+С <sub>1</sub> тыс. м <sup>3</sup> /сут | Состояние |
|-------------------------|---|--------------------------|-------------------------|--|-----------|
| Новинки                 | f,lglll-d-sz                                  | 1932                     | 1982                    | 85,4   | экспл.    |
|                         | Vvd   |                          |                         | 6,3  | экспл.    |
| Петровщина              | f,lglll-d-sz                                  | 1938                     | 1982                    | 19,5   | экспл.    |
|                         | Vvd   |                          |                         | 6,7  | экспл.    |
| Зелёновка               | f,lglll-d-sz                                  | 1951                     | 1982                    | 45,0   | экспл.    |
|                         | Vvd   |                          |                         | 3,3  | экспл.    |
| Дражня                  | f,lglll-d-sz                                  | 1958                     | 1982                    | 64,8   | экспл.    |
|                         | Vvd   |                          |                         | 5,3  | экспл.    |
| Боровляны               | f,lglll-d-sz                                  | 1965                     | 1982                    | 78,0   | экспл.    |
| Острова                 | f,lglll-d-sz                                  | 1968                     | 1982                    | 83,4   | экспл.    |
| Волма                   | f,lglll-d-sz                                  | 1970                     | 1982                    | 62,9   | экспл.    |
| Вицковщина              | f,lglll-d-sz                                  | 1973                     | 1994                    | 78,0   | экспл.    |
|                         | Vvd   |                          |                         | 40,0   | экспл.    |
| Водопой Сев.            | f,lglll-d-sz                                  | 1976                     | 1982                    | 60,0   | экспл.    |
| Водопой Юж.             | f,lglll-d-sz                                  | 1976                     | 1972                    | 30,8   | экспл.    |
| Фелицианово             | f,lglll-d-sz                                  | 1984                     | 1973                    | 59,2   | экспл.    |
| Зелёный Бор             | f,lglll-d-sz                                  | 1993                     | 1982                    | 64,0   | экспл.    |
| Вед. скважины города    | f,lglll-d-sz                                  | 1928                     | 1962                    | 78,0   | экспл.    |
|                         | Vvd   |                          |                         | 15,6   | экспл.    |
| Вязынка                 | f,lgllbr-lll-d                                |                          | 1992                    | 38,4   | не введен |
|                         | Vvd   |                          |                         | 39,9   |           |
| Дукура                  | f,lglll-d-sz                                  |                          | 1983                    | 42,7   | не введен |

Пресные подземные воды могут обеспечить весь объем существующего хозяйственно-питьевого водопотребления Минска, однако в балансе водоснабжения примерно 15 % составляют поверхностные воды МВВС, частично используемые в Московском, Фрунзенском, Центральном и Октябрьском районах столицы. Поверхностные воды после соответствующей обработки удовлетворяют санитарно-гигиеническим нормам, установленным для питьевых вод (СанПиН 10-124 РБ 99), однако по некоторым органолептическим свойствам они уступают подземным водам [2]. Кроме того, в связи с незащищенностью поверхностных вод от загрязнения перед подачей потребителям они требуют обязательного хлорирования, что еще более ухудшает их органолептические свойства.

Водозаборы «Новинки», «Петровщина», «Зелёновка» и «Дражня» полностью или частично находятся в пределах городской территории. Все остальные расположены в более

благоприятных экологических условиях. Водозаборы «Боровляны», «Острова», «Волма» расположены в Минском районе. «Вицковщина» – в Минском, Дзержинском, Узденском; «Водопой Северный» – Минском, Смолевичском; «Водопой Южный» – Минском, Червенском, Смолевичском; «Фелицианово» – Минском, Пуховичском; «Зелёный бор» – в Червенском районе.

**Водоносный днепровско-сожский водоносный комплекс (f,lglll-d-sz)** используется на всей территории агломерации. Породы комплекса залегают на глубине от 1,5–2,0 до 96–142 м. Мощность водосодержащей толщи обычно не превышает 30–40 м. Отложения комплекса обладают значительными запасами подземных вод. Удельные дебиты скважин в среднем – 0,1–1,5 дм<sup>3</sup>/с, максимальное значение 15,1 дм<sup>3</sup>/с [1].

Водоносный горизонт обеспечивает около 90 % поступающей в столицу подземной во-

ды. Ниже приводится анализ качества питьевых вод горизонта по данным БелНИГРИ по состоянию на 01.01.2011 г. [3].

Максимальный уровень загрязнения зафиксирован на старейшем водозаборе города, который эксплуатируется с 1935 г. – **«Новинки»**. Водозабор находится на северо-северо-западе г. Минска, частично располагаясь за МКАД. Качество воды в основном не соответствует требованиям нормативных документов. Во многих скважинах, расположенных вблизи частной застройки и сельскохозяйственных угодий, зафиксировано высокое содержание нитратов. Первые следы нитратного загрязнения (до 20–27 мг/дм<sup>3</sup>) стали проявляться в 1970-е годы, в начале 90-х годов прошлого века превышение уровня ПДК фиксировалось в одной скважине, а в настоящее время количество таких скважин значительно. Кроме того, в отдельных эксплуатационных скважинах отмечаются случаи загрязнения хромом (Cr<sup>6+</sup>), нефтепродуктами (1,7–8 ПДК), в ряде скважин выше нормы содержание азота аммонийного – до 3,1 мг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК), алюминия – до 0,7 мг/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК), кадмия 0,004 мг/дм<sup>3</sup> (4 ПДК).

Водозабор **«Петровщина»** находится в юго-западной части г. Минска, в долине реки Мышка. Качество воды преимущественно соответствует требованиям (СанПиН 10-124 РБ 99).

Водозабор **«Зелёновка»** находится на северо-восточной окраине Минска. Следы нитратного загрязнения фиксируются в скважинах, расположенных вблизи частной городской застройки. Повышенные содержания нитратов (35–43 мг/дм<sup>3</sup>) не превышают ПДК. В ряде скважин наблюдается загрязнение вод хромом (Cr<sup>6+</sup>) до 0,42 мг/дм<sup>3</sup> (8 ПДК).

На водозаборе **«Дражня»** на ряде скважин зафиксировано повышенное содержание хлоридов и нитратов в воде, однако не выше ПДК. Качество воды эксплуатационных скважин соответствует нормативным требованиям, за исключением повышенных содержаний марганца, бора и бария и пониженного содержания фтора.

На водозаборе **«Боровляны»**, находящемся северо-восточнее поселка Боровляны, качество воды в основном соответствует требованиям (СанПиН 10-124 РБ 99). Наблюдается пониженное содержание фтора (до 0,2 мг/дм<sup>3</sup>), повышенное – марганца до 0,47 (5 ПДК), железа – 0,4 мг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК).

На водозаборе **«Острова»**, находящемся к югу от Минска, качество вод в основном соответствует требованиям. В наблюдательной скважине в 1998 г. содержание азота аммо-

нийного достигало 20 мг/дм<sup>3</sup> (8 ПДК). Содержание фтора ниже нормы, марганца на ряде скважин выше нормы.

На водозаборе **«Волма»** (северо-восток от города), рядом с п. Городище, воды водоносного горизонта в основном соответствуют нормативу. Наблюдается пониженное содержание фтора и в некоторых скважинах повышенное содержание железа до 1,1 мг/дм<sup>3</sup> (до 4 ПДК).

На водозаборе **«Вицковщина»** воды горизонта в рамках нормативных требований. На 5 скважинах содержание азота аммонийного выше ПДК. Наблюдается повышенное содержание марганца и пониженное – фтора.

Водозабор **«Водопой Северный»** находится к востоку от Минска. Содержание азота аммонийного составляет до 4,4 мг/дм<sup>3</sup> (1,7 ПДК). На ряде скважин наблюдается многолетняя тенденция повышения содержания нитратов, однако не выше ПДК, пониженное содержание фтора (0,08–0,35 мг/дм<sup>3</sup>) и повышенное – марганца от 0,02 до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> (5 ПДК), железа – до 0,7 мг/дм<sup>3</sup> (2,3 ПДК).

На водозаборе **«Водопой Южный»** качество вод в основном соответствует нормативам, но в отдельных скважинах содержание азота аммонийного и показатель перманганатной окисляемости достигают ПДК. Фиксируется повышенное содержание марганца и пониженное – фтора.

На водозаборе **«Фелицианово»** качество воды удовлетворительное, содержание микроэлементов в воде в норме, за исключением повышенного содержания марганца, бария и железа.

На водозаборе **«Зелёный Бор»** качество вод, кроме повышенного содержания бария и бора, соответствует требованиям норматива.

Помимо групповых водозаборов, входящих в систему УП «Минскводоканал», добыча подземных вод в Минске и на прилегающей территории осуществляется ведомственными скважинами, которые, как правило, располагаются на территориях промышленных предприятий. Наиболее высокие уровни загрязнения вод формируются в пределах промышленных площадок, полигонов складирования коммунальных и промышленных отходов, полей фильтрации и хранилищ шлама. Такое загрязнение установлено на территории Минского тракторного завода, в районе полигонов твердых коммунальных отходов «Тростенец» и «Северный», иловых прудов Минской очистной станции и на других объектах, где состав загрязнений характеризуется разнообразием, с преобладанием хлоридов, сульфатов,

соединений азота, микроэлементов и нефтепродуктов, иногда уровень загрязнения достигает десятков ПДК.

**Вендский и рифейский терригенный комплекс (Vgr, Vvl, Vrd, Vkt, Vvd, R, R<sub>2pn</sub>)** является перспективным для питьевого водоснабжения Минского региона. Воды вендского и рифейского терригенного комплекса эксплуатируются на водозаборах: «Новинки», «Петровщина», «Зелёновка», «Дражня», «Вицковщина» и ведомственными скважинами.

На территории Минска и его окрестностей кровля комплекса залегает на глубине 160–320 м, что обеспечивает надежную его защиту от поверхностного загрязнения. В то же время изолированность комплекса способствовала формированию в нем значительной по размерам (40 на 70 км) депрессионной воронки. Понижение уровня подземных вод в ее центре достигает 20–25 м. Мощность комплекса составляет 140–60 м [1].

Днепровско-сожский водоносный комплекс получает атмосферное питание на всей территории распространения, для вендского и рифейского комплекса области питания и эксплуатации удалены друг от друга. К тому же более глубоко залегающий водоносный комплекс отделен от насыщенной водой четвертичной толщи водоупорами. По расчетам Р.А. Станкевича, 1 км пути в недрах земли капля воды проходит за 18 лет, при удаленности области питания от участков эксплуатации на 15–20 км вода это расстояние проходит за 270–360 лет. Отсюда следует, что к северным районам Минска, в вендский и рифейский комплекс, приходит вода, поступившая в пласт в XVII в., когда эта территория практически не испытывала техногенной нагрузки. Воды обычно бесцветные, без запаха и привкуса, прозрачные, без осадка при отстаивании [4].

Пресные воды комплекса на участках водозаборов «Новинки», «Петровщина», «Зелёновка», «Дражня» и одиночных скважин, разбросанных по Минску, соответствуют гидрокарбонатно-натриевому типу, с содержанием фтора 0,8–1,7 мг/дм<sup>3</sup>, содержание железа не превышает ПДК. Общая минерализация редко превышает 0,5 г/дм<sup>3</sup>, отсутствуют цинк, свинец, мышьяк, молибден, селен, бериллий, медь, бор и радий. Содержание марганца, стронция, алюминия значительно ниже ПДК [4].

На большинстве скважин за длительный период эксплуатации качество воды не изменилось к худшему. Лишь на отдельных скважинах отмечено незначительное увеличение хлоридов (на 10–25 мг/дм<sup>3</sup>) и нитратов (5–47 мг/дм<sup>3</sup>). Южнее и юго-восточнее

Минска, на удалении от области питания, минерализация вод комплекса быстро возрастает до 1,3–3,7 г/дм<sup>3</sup>, изменяя химический тип воды на хлоридно-натриевый (водозаборы «Острова», «Фелицианово», «Зелёный Бор»), что не позволяет использовать данные воды для питьевого водоснабжения [4].

**Водоносный березинско-днепровский водно-ледниковый комплекс (f,lgbr-ld)** обладает большими перспективами для питьевого водоснабжения г. Минска. В настоящее время воды используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Минской области, но в будущем имеется возможность привлечения водоносного горизонта и для снабжения Минской агломерации. Качество воды в основном соответствует нормативам [3].

**Мероприятия по улучшению качества вод.** На основании проведенного анализа причинно-следственных связей между качеством вод, структурой и интенсивностью техногенной нагрузки ранжирована значимость влияния отдельных техногенных факторов на экологическое состояние водных ресурсов Минской агломерации. Авторами предложена 4-балльная шкала, где *1 балл* – локальный уровень и умеренная интенсивность; *2 балла* – локальный уровень, но существенная интенсивность; *3 балла* – региональный уровень, но умеренная интенсивность; *4 балла* – региональный уровень и существенная интенсивность.

На территории Минской агломерации одним баллом оценены факторы, негативно влияющие на экологическое состояние водных ресурсов: а) естественное колебание стока рек, вызывающее такие явления, как: наводнения, паводки, засухи; б) транспортная и иная прилегающая к ним инфраструктура, железные дороги, аэропорты, нефтепроводы и газопроводы; в) рекреация и туризм.

Двумя баллами оценены: а) повышенное содержание в воде отдельных химических элементов, обусловленное их фоновым содержанием; б) разработка и добыча полезных ископаемых; в) поля фильтрации, очистные сооружения небольших городов и сельских населенных пунктов; г) склады хранения опасных химических веществ; д) воздействие, связанное с застройкой малых населенных пунктов, в которых отсутствует централизованное водоснабжение и водоотведение; ж) интенсивный сосредоточенный водоотбор.

Тремя баллами оценены: а) сельское хозяйство: вынос удобрений и ядохимикатов с сельскохозяйственных угодий в грунтовые

воды, загрязнение вод сточными водами объектов животноводства; б) сточные воды промышленности, ЖКХ с различной степенью очистки; в) косвенные источники загрязнения, например, выбросы в атмосферу загрязняют атмосферные осадки, которые поступают как в поверхностные, так и подземные воды.

Четырьмя баллами оцениваются крупные техногенные аварии на химических объектах, нефтепроводах и других опасных промышленных объектах.

Минимизация техногенного воздействия на групповые водозаборы города Минска зависит от степени коммунально-технической благоустроенности зон санитарной охраны водозаборов.

За период с 2007 по 2011 год потребление воды на одного жителя Минска сократилось на 25 %. Экономия воды снизила долю поверхностных вод в общей структуре водоснабжения столицы. Сравнительно недавно (2006 г.) доля МВВС составляла 30 % в водоснабжении Минска, в прошлом году (2011 г.) – всего 15 %. В настоящее время объем хозяйственно-питьевого водопотребления в Минске достигает 195  $\text{дм}^3/\text{сут}$  на одного человека, что больше, чем средний республиканский показатель (145  $\text{дм}^3/\text{сут}$ ) [5].

Качество водопроводной питьевой воды в столице является самым высоким в стране [6].

Согласно руководству по качеству питьевой воды Всемирной организации здравоохранения концентрация железа в воде 2  $\text{мг}/\text{дм}^3$  не представляет опасности для здоровья людей, однако в Беларуси ПДК железа для питьевых вод составляет всего 0,3  $\text{мг}/\text{дм}^3$ . Более жесткие требования, предъявляемые к питьевой воде в Республике Беларусь, определяют высокий удельный вес проб, не отвечающих требованиям норматива по содержанию железа [5].

**Выводы.** На основании анализа качества подземных вод Минской агломерации можно сделать следующие выводы:

- тенденция повышения содержаний в них нитратов, хлоридов и сульфатов отсутствует;
- содержание соединений железа и марганца в ряде скважин водозаборов превышает ПДК для вод питьевого водоснабжения;
- неблагоприятная экологическая ситуация сложилась на водозаборе «Новинки», в воде нескольких скважин зафиксированы превышения нормативов по содержанию

нитратов, хлоридов, нефтепродуктов, бора, бария, марганца, алюминия;

- намечается общая положительная динамика уменьшения содержания тяжелых металлов, ни в одной из скважин городских водозаборов содержание свинца, кадмия, хрома и меди не превышает ПДК, кроме нескольких скважин водозабора «Новинки».

Ограничение техногенного влияния на окружающую среду позволило бы улучшить качественные показатели используемых водных ресурсов Минской агломерации, однако в силу интенсивного трансграничного загрязнения воздуха и развитой структуры хозяйства это является весьма трудной задачей. Наиболее доступным путем повышения качества водных ресурсов, используемых в водоснабжении, выступает технико-коммунальное благоустройство локальных источников загрязнения отдельных водозаборов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пояснительная записка к серии гидрогеологических карт территории Беларуси – Минск : БелНИРИ, 2010. – 128 с.
2. Ясовеев, М.Г. Геоэкологические проблемы водоснабжения городов Минска и Тбилиси / М.Г. Ясовеев, Д.Д. Таликадзе, О.В. Шершнёв // Весці БДПУ. Серыя 3. – 2012. – № 1. – С. 38–42.
3. Водозаборы подземных вод: отчет / БелНИГРИ. – Минск, 2011. – 523 с.
4. Станкевич, Р.А. Минское месторождение глубоких артезианских вод: Краткий очерк природных условий и истории освоения / Р.А. Станкевич. – Минск : Бел. навука, 1997. – 87 с.
5. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2012. – Режим доступа : [http://minpriroda.gov.by/ru/new\\_url\\_1968165295/new\\_url\\_1467880245](http://minpriroda.gov.by/ru/new_url_1968165295/new_url_1467880245). – Дата доступа : 01.08.2012.
6. Основные показатели здоровья населения, деятельности санэпидслужбы и состояния окружающей среды – Минск : БелНИЦ «Экология», 2010. – С. 60–61.

#### SUMMARY

*The analysis of the condition of the formation of water resources, use of which is fulfilled at sutional hydroulic work of the Minsk agglomeration was given.*

*The estimation of the importance of the faeton of the technological impact on water quolity formotion was put through. The measures for the improve ment of the quility of fresh underground water are term.*

Поступила в редакцию 14.11.2012 г.