

The material was received at the editorial office  
07.10.2019 g.

### Information about the authors

**Ratkovich Lev Danilovich**, candidate of technical sciences, professor of the department of complex usage of water resources and hydraulics, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: levkivr@mail.ru

**Atabiev Iskhak Zhafarovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of hydraulic structures,

FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: atabiev@rgau-msha.ru

**Ivanov Andrej Alexandrovich**, student of MA course FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: conquest3@mail.ru

**Bovina Yulia Anatoljevna**, candidate of technical sciences, associate professor of the department «Emergency protection» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550 Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: azchs@mail.ru

УДК 502/504:556.3:626/627

DOI 10.34677/1997-6011/2019-5-106-111

**Н.П. КАРПЕНКО, И.М. ЛОМАКИН, В.С. ДРОЗДОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация»

## ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

*Цель работы – разработка методологических основ для решения проблемы сохранения и улучшения качества подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Рассмотрены основные геоэкологические проблемы, связанные с качеством подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения на урбанизированных территориях. Дан анализ воздействия некоторых вредных элементов на здоровье населения. Рассмотрены основные факторы, влияющие на динамику и химический состав подземных вод на урбанизированных территориях. Разработаны методологические основы управления геоэкологическими рисками при оценке качества подземных вод и предложена структура управления геоэкологическими рисками для оценки качества подземных вод на урбанизированных территориях. Предложен необходимый комплекс природоохранных мероприятий, направленных на минимизацию ухудшения качества питьевых вод. Своевременное выявление возможных источников ухудшения качества подземных вод и применение инновационных технологий по очистке подземных вод от загрязнения позволит предотвратить рискованные ситуации в проблеме оценки качества подземных вод, используемых на хозяйственно-питьевые нужды населения. Реализация предложенных мероприятий позволит улучшить экологические условия подземных водных ресурсов на урбанизированных территориях.*

*Подземные воды, качество питьевой воды, урбанизированные территории, предельно-допустимые концентрации, приоритетные показатели качества подземных вод, управление геоэкологическими рисками, инновационные технологии.*

**Введение.** Численность населения больших городов и мегаполисов является одним из приоритетных критериев высокой антропогенной нагрузки на окружающую среду, в том числе поверхностные и подземные водные системы, которые обеспечивают водоснабжение урбанизированных территорий. Употребление питьевой воды плохого качества является причиной многих патологических заболеваний населения,

особенно у детей. В настоящее время одна из серьезных экологических проблем связана с возрастанием ухудшения качества подземных вод, используемых для хозяйственных и питьевых нужд. Так, по данным Всемирной Организации Здоровья (ВОЗ) более 85% всех заболеваний в мире передается водой и ежегодно 25 млн человек умирает от этих заболеваний. Более 80 стран мира практически не имеют необходимого

объема водных ресурсов хорошего качества, которые можно использовать для питьевого водоснабжения [1].

Несмотря на высокую обеспеченность водными ресурсами России, проблема качества подземных вод для питьевых целей в крупных городах и мегаполисах занимает одно из ведущих мест в общей системе экологических проблем. Более того, в санитарных нормах и правилах России допускается содержание свинца и аммония в 3...10 раз больше, чем это представлено в стандартах ВОЗ. Поэтому проблема сохранения и улучшения качества подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, является актуальной и доминирующей проблемой в общей оценке качества водных ресурсов.

**Материалы и методы исследований.**

Объектом исследования являются подземные водные ресурсы, которые используются для питьевого водоснабжения. Исследования показывают, что питьевая вода плохого качества, в которой содержатся загрязнители и опасные вещества, влияет на здоровье людей, вызывая различные патологии. Например, постоянное использование питьевой воды, в которой превышены допустимые гигиенические нормы и кондиции по химическому составу, способствует развитию

болезней желудочно-кишечного тракта, аллергических, кожных и т.д.

В России, как и в других странах мира, для некоторых элементов не определены их токсичность, мутагенность и канцерогенность. О последствиях и характере воздействия некоторых микроэлементов, содержащихся в водной среде, можно судить по следующим данным (табл.).

Основу оценки качества использования питьевой воды составляют четыре базовых атрибутивных критерия: эпидемиологическая безопасность; радиационная безопасность; безвредность химического состава; благоприятные органолептические свойства. При обнаружении в питьевых водах загрязняющих химических веществ, которые являются 1 и 2 классами опасности и нормируются по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле [2]:

$$\frac{C_{факт}^1}{C_{доп}^1} + \frac{C_{факт}^2}{C_{доп}^2} + \dots + \frac{C_{факт}^n}{C_{доп}^n} \leq 1, \quad (1)$$

где: C<sup>1</sup>, C<sup>2</sup>, C<sup>n</sup> – показатели индивидуальных химических веществ 1 и 2 класса опасности: *факт* (фактическая) и *доп.* (допустимая).

Таблица

**Предельно-допустимые концентрации питьевой воды и влияние микроэлементов на здоровье людей [1]**

Элемент	ПДК, мг/л	Характеристика действия
Ni <sup>+2</sup>	0,4	Является канцерогеном, способствует развитию онкологических заболеваний
Cd <sup>2+</sup>	0,01	Возможны цирроз печени, нарушение функций почек, туберкулез костных тканей
Cr <sup>6+</sup>	0,1	Поражение почек, легких, кожи
Cr <sup>3+</sup>	0,5	Одна из причин атеросклероза
Cu <sup>2+</sup>	1,0	Происходят органические изменения в тканях, распад костной ткани, гепатит, поражение желудочно-кишечного тракта
Pb <sup>2+</sup>	0,03	Наблюдается разрушение костных тканей, задержка синтеза протеина в крови, нарушение нервной системы и почек
Hg <sup>2+</sup>	0,005	Происходит поражение центральной нервной системы, нарушение функций желудочно-кишечного тракта, почек, изменения в хромосомах
Zn <sup>2+</sup>	5	Токсичен
As <sup>3+</sup>	0,05	Возможны раковые заболевания кожи, интоксикация, периферические невриты
Se <sup>6+</sup>	0,001	Токсичен
Be <sup>2+</sup>	0,0002	Наблюдается поражение кроветворной системы, нервных клеток головного мозга
Mo <sup>6+</sup>	0,25	Происходит заболевание «молибденовой подагрой»
Mn <sup>2+</sup>	0,1	Наблюдается поражение центральной нервной системы

Для оценки качественного состава подземных вод необходима разработка системы единичных базовых, приоритетных и дополнительных показателей, по которым следует вести контроль и наблюдения. Приоритетными

показателями являются: микробиологические; паразитологические; органолептические; обобщенные; неорганические и органические вещества; радиологические; показатели, связанные с технологией водоподготовки.

В настоящее время для крупных городов и мегаполисов на первое место выходят проблемы снижения качественного состава подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения. К основным факторам, которые существенно меняют динамику минерализации и ионного состава подземных вод, следует отнести:

- рельеф урбанизированной территории;
- тектоническое и геологическое строение;
- гидролого-гидрогеологические условия;
- плотность населения урбанизированных территорий;
- существующая система водоснабжения и водоотведения;
- наличие канализационных и дренажных систем;
- транспортные коммуникации;
- промышленное производство на территории мегаполисов.

В последнее время на урбанизированных территориях сложная обстановка возникает с водопроводной водой, в которую помимо хлора и тяжелых металлов попадают нефтепродукты, пестициды и нитраты. Кроме того, катастрофическое состояние водопроводной сетей, нарушение их герметичности, высокая изношенность канализационных систем способствует увеличению риска попадания в питьевую воду различных патогенных микроорганизмов, холерных вибрионов, кишечных палочек и т.д.

Так, для территории Москвы эксплуатируемые подземные воды подвергаются изменением гидродинамического, температурного и гидрогеохимического режимов, динамика которых прослеживается по наблюдательным гидрогеологическим скважинам. Наибольшим изменениям подвергается температурный и гидрогеохимический режим. На территории города практически повсеместно отмечается тепловые аномалии подземных вод (например, в 2017 году температура подземных вод в пределах МКАД изменялась от 6,1 до 16,4°C). Гидрогеохимический режим является сильно нарушенным, а формирование его обусловлено поступлением в грунтовые воды бытовых сточных вод, талых и снеговых вод, содержащих противогололедные материалы и другие хозяйственно-бытовые загрязнения (минерализация подземных вод в пределах Москвы и МКАД изменяется от 0,15 до 19,0 г/л) [3].

Наименее разработанным вопросом в проблеме изучения качества подземных

вод является разработка методологии и учет геоэкологических рисков в общей системе оценки качества подземных вод на урбанизированных территориях. В различных областях знаний термин «риск» определяется в зависимости от объекта управления. В области природообустройства целесообразно использовать понятия «экологическая опасность» и «геоэкологический риск». Под геоэкологическим риском понимается вероятностная мера опасности или вероятность нарушения устойчивости окружающей среды при любых воздействиях на нее хозяйственной деятельности. На урбанизированных территориях имеют место геоэкологические риски, связанные с поступлением аварийных загрязненных стоков из подземных канализационных коммуникаций, которые существенно влияют на гидродинамический режим и гидрогеохимический фон подземных вод.

Геоэкологический риск можно определить, как вероятность возникновения отрицательных и нежелательных последствий, которые вызываются развитием техно-природных и природно-антропогенных процессов и приводят к экологическим ущербам [4].

Геоэкологический риск можно выразить формулой [5]:

$$R_r = \sum_{i=1}^n P_i k_i \cdot \sum_{j=1}^m U_j k_j \quad (2)$$

где:  $P_i$  – вероятность возникновения негативных последствий от  $i$ -ого воздействующего фактора; ( $U_j$ ) ущерб от  $j$ -го фактора;  $k_p$ ,  $k_p$  – вес фактора (весовой коэффициент);  $i, j$  – количество факторов, соответственно.

В настоящее время назрела необходимость управления геоэкологическими рисками для оценки качества подземных вод, используемых в хозяйственно-питьевых целях.

Величина геоэкологического риска в данном случае включает следующие количественные показатели:

- вероятность формирования опасной гидрогеологической ситуации и ее реализации;
- величину экологического ущерба при реализации опасной гидрогеологической ситуации.

Использование данных показателей позволит снизить вероятность реализации опасных гидрогеологических ситуаций на урбанизированных территориях, которые возникают в геологической среде (вероятность негативного воздействия загрязненных подземных вод на здоровье людей, вероятность формирования аномальных зон загрязненных и агрессивных подземных вод и т.п.) [6].

**Результаты и обсуждение.** Управление геоэкологическими рисками связано с разработкой и обоснованием управленческих решений, направленных на минимизацию риска как единого процесса принятия решения со всеми его аспектами (экологическими, экономическими, социальными и т.д.). Перспективный путь управления геоэкологическими рисками – это решение задач прогнозирования на основе структурно-системного подхода, позволяющего повысить надежность и обоснованность принимаемых технических решений по снижению риска негативных процессов.

В основу схемы управления геоэкологическими рисками питьевых вод входит:

- наблюдение и оценка состояния показателей подземных вод, их оценка для устранения и предотвращения загрязнения по данным мониторинга;
- анализ и выявление потенциальных источников загрязнения подземных вод;
- количественная оценка обобщенного экологического риска как вероятности попадания загрязнения в подземные воды;
- разработка природоохранных мероприятий, инновационных технологий и технических средств по защите подземных вод от возможного загрязнения и улучшения их качества.

Структурная схема системы управления геоэкологическими рисками для оценки качества подземных вод для питьевого водоснабжения представлена на рисунке.



**Рис. Структурная схема системы управления геоэкологическими рисками в проблеме оценки качества подземных вод для питьевого водоснабжения**

В основе управления рисками для питьевого водоснабжения лежат три блока, позволяющих проводить анализ и оценку риска ухудшения качества питьевой воды, проводить мероприятия по улучшению качества питьевых вод и осуществлять мониторинг питьевых вод по их защите от загрязнения.

Исследования показывают, что источником плохого качества воды может быть хлор, производные которого (хлороформ, хлорбензол, хлориды, остаточный хлор и др.) обладают канцерогенным и мутагенным действием и способны влиять на организм человека на генетическом уровне. Поэтому существующие технологии по хлорированию питьевой воды представляют собой небезопасные методы водоподготовки и могут увеличивать риск возникновения патологических заболеваний у населения.

Основной подход к разработке мероприятий по снижению экологического риска питьевой воды – это применение инновационных технологий по надежному обеспечению качества питьевой воды, при реализации которых происходит улучшение химического состава воды по хлорорганическим и органолептическим показателям. Основой при формировании комплекса мероприятий является реконструкция и строительство очистных сооружений, основанных на новых технологиях, позволяющих обеспечивать глубокую очистку питьевых вод от токсичных соединений техногенного происхождения и учитывать снижение риска загрязнения водоисточника при аварийных сбросах.

Среди инновационных технологий следует отметить технологии очистки питьевых вод, использующих очистку воды в два этапа [7, 8]. На первом этапе проводится базовая очистка природной воды, в соответствии с которой очистка воды проводится по принципу коагуляции и осветления воды (отстаивание и фильтрация) с последующим обеззараживанием. Такая схема решает проблему удаления из воды основной массы загрязнений и обеспечивает высокую степень обеззараживания, однако не способствует глубокой очистке воды от растворимых органических соединений и микробиологических загрязнений. На втором этапе проводится очистка воды на основе методов озонирования и сорбции, использующих активированный уголь. К настоящему времени новые технологические схемы начинают внедряться в проекты сооружений московских водопроводов и могут радикально улучшить качество питьевой воды.

### Выводы

Управление геоэкологическими рисками на сооружениях питьевого водоснабжения связано с разработкой методологических основ и обоснования управленческих решений, направленных на минимизацию ухудшения качества питьевых вод путем снижения антропогенных нагрузок на природную среду. Своевременное выявление возможных источников ухудшения качества подземных вод и применение инновационных технологий по очистке подземных вод от загрязнения позволит предотвратить рискованные ситуации в проблеме оценки качества подземных вод, используемых на хозяйственно-питьевые нужды населения.

### Библиографический список

1. Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии: Учебное пособие. – Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. – 448 с.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы». – М.: Минздрав России, 2002. – 67 с.
3. Государственный Доклад «О состоянии окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». – М.: Минприроды и экологии, 2018. – 358 с.
4. Карпенко Н.П. Геоэкологический риск: анализ, оценки, управление. Монография. – Palmarium Academic Publishing, 2014. – 145 с.
5. Карпенко Н.П. Структура и оценка геоэкологических рисков // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 45-50.
6. Галицкая И.В. Методологические исследования формирования геохимической опасности и риска на урбанизированных

территориях // Геоэкология. – 2007. – № 3. – С. 225-337.

7. Карпенко Н.П., Фризен Е.В. Учет и управление экологическими рисками для здоровья и жизни населения в условиях роста антропогенных нагрузок / Мат-лы междунар. конф. «Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем» 16-18 апреля 2013 г., Москва. Ч. IV. – М.: МГУП. – 2013. – С. 144-151.

8. Карпенко Н.П., Супрун В.А. Оценка экологического ущерба при сбросе шахтных вод золоторудного месторождения в реку Березовка // Вода и экология: проблемы и решения. – 2018. – № 4 (76). – С. 51-60.

Материал поступил в редакцию 30.06.2019 г.

### Сведения об авторах

**Карпенко Нина Петровна**, доктор технических наук, заведующий кафедрой гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

**Ломакин Иван Михайлович**, кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

**Дроздов Валерьян Степанович**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

**N.P. KARPENKO, I.M. LOMAKIN, V.S. DROZDOV**

Federal state budgetary educational institution of higher education "Russian state agrarian university – MAA named after Timiryazev, Moscow, Russian Federation

## MANAGEMENT ISSUES OF GEOENVIRONMENTAL RISKS IN THE ASSESSMENT OF GROUNDWATER QUALITY IN URBAN AREAS

*The aim of the work is to develop methodological foundations for solving the problem of preservation and improvement of the quality of groundwater used for drinking water supply. The main geo ecological problems related to the quality of groundwater used for drinking water supply in urban areas are considered. There is given an analysis of the effects of certain harmful elements for the health of the population. The main factors affecting the dynamics and chemical composition of groundwater in urban areas are considered. There are developed methodological foundations of geo-environmental risks in the assessment of groundwater quality and proposed management structure of geo-ecological risk for assessment of groundwater quality in urbanized areas. The necessary complex of environmental measures aimed at minimizing the deterioration of drinking water quality is proposed. Timely identification of possible sources of deterioration of groundwater quality and the use*

*of innovative technologies for cleaning groundwater from pollution will prevent from the risk situation in the problem of assessing the quality of groundwater used for household and drinking needs of the population. Implementation of the proposed measures will improve the environmental conditions of ground water resources in urban areas.*

*Groundwater, drinking water quality, urban areas, maximum permissible concentrations, priority indicators of groundwater quality, management of geo-ecological risks, innovative technologies.*

### References

1. **Gorshkov S.P.** Conceptualnye osnovy geoecologii: uchebnoe posobie. – Smolensk: Izd-vo Smolenskogo humanitarnogo universiteta, 1998. – 448 s.

2. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы». – М.: Минздрав России. – М. – 2002. – 67 s.

3. Gosudarstvennyy Doklad «O sostoyanii okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federatsii v 2017 godu». – М.: Minprirody i ekologii. – 358 s.

4. **Karpenko N.P.** Geoecologicheskyy risk: analys, otsenki, upravlenie: Monographiya. – Palmarium Academic Publishing., 2014. – 145 s.

5. **Karpenko N.P.** Structura i otsenka geoecologicheskikh riskov // Prirodoobustroystvo. – 2009. – № 3. – S. 45-50.

6. **Galitskaya I.V.** Metodologicheskie issledovaniya formirovaniya geohimicheskoy opasnosti i riska na urbanizirovannykh territoriyah // Geoecologiya. – 2007. – № 3. – S. 225-337.

7. **Karpenko N.P., Frisena E.V.** Uchet i upravlenie ekologicheskimi riskami dlya zdorovya i zhizni naseleniya v usloviyah rosta antropogennykh nagruzok. – Materialy mezhdun. konf. «Problemy kompleksnogo obustroystva tehno-prirodnnykh sistem» 16-18 aprilya 2013 g., Moskva. Ch IV – М.: MGUP. – 2013. – S. 144-151.

8. **Karpenko N.P., Suprun V.A.** Otsenka ekologicheskogo ushcherba pri sbrose shahtnykh vod zolotorudnogo mestorozhdeniya v reku Berezovka // Voda i ekologiya: problemy i resheniya. – 2018. – № 4 (76). – S. 51-60.

The material was received at the editorial office  
30.06.2019 g.

### Information about the authors

**Karpenko Nina Petrovna**, doctor of technical sciences, professor of the department of hydrology, hydrogeology and flow regulation of the Timiryazev Russian state agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

**Lomakin Ivan Mikhailovich**, candidate of geological and mineralogical sciences, professor of the department of hydrology, hydrogeology and flow regulation, Timiryazev Russian state agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49.

**Drozdov Valerian Stepanovich**, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor of hydrology, hydrogeology and flow regulation department, Timiryazev Russian state agrarian University; 127550 Moscow, ul., Timiryazevskaya str., 49.

УДК 502/504: 556.5:004.65

DOI 10.34677/1997-6011/2019-5-111-117

**В.Н. МАРКИН, В.В. ШАБАНОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,  
Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

## БАЗА ДАННЫХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

*База данных предназначена для обоснования допустимых нагрузок на природные объекты и планирования хозяйственной деятельности с учетом экологической допустимости, в том числе природоохранных мероприятий. Цели и задачи базы – информационное обеспечение, необходимое для оценки влияния антропогенной деятельности на природные объекты применительно к инженерной практике. Решение задач сделано на основе рассмотрения стадий деградации экосистем и метода, позволяющего определить их состояние. Для этого представлен анализ изменений в экосистеме. База построена с помощью программы PowerPoint. Поисковые*