

**МИКРОКОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕВОГО БЕРЕГА ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

Д. А. Белозеров

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 16 января 2017 г.

**Аннотация:** в данной статье приведена оценка экологического состояния основного эксплуатационного неоген-четвертичного водоносного комплекса города Воронежа по содержанию микрокомпонентов. Анализ произведен по результатам расчета суммарного показателя загрязнения. Выявлено, что основными загрязняющими веществами являются микрокомпоненты 2-го и 3-го классов опасности, а именно: железо, марганец, бром, бор, натрий. Приведен сравнительный анализ загрязнения подземных вод по классам опасности. Выявлены основные источники загрязнения подземных вод. По результатам исследований разработана система мероприятий по улучшению качества подземных вод, состоящая из трех блоков.

**Ключевые слова:** микрокомпоненты, класс опасности, суммарный показатель загрязнения, подземные воды, город Воронеж, источники загрязнения, техногенный фактор, мероприятия.

**MICROCOMPONENT ANALYSIS OF GROUNDWATER QUALITY  
SOUTHERN LEFT BANK VORONEZH CITY**

**Abstract:** in this article is an assessment of the ecological state of the main operational Neogene-Quaternary aquifer complex of the city of Voronezh on the content of microcomponents. Analysis of the results produced by calculating the total pollution index. It was found that the main pollutants are microcomponents 2nd and 3rd classes of danger, namely, iron, manganese, bromine, boron, sodium. A comparative analysis of groundwater pollution hazard classes. The basic sources of groundwater pollution. According to studies, a system of measures to improve the quality of groundwater, which consists of three blocks.

**Keywords:** microcomponents, hazard class, the total pollution index, groundwater, Voronezh, sources of pollution, man-made factor, activities.

**Введение**

Охрана окружающей среды является одной из важнейших задач экологии. Однако, качество окружающей среды с каждым годом не становится лучше. В этой связи, даже на федеральном уровне 2017 год объявлен годом экологии в Российской Федерации. В городах уже практически нет участков, где качество атмосферного воздуха соответствует нормам. Не регламентированная эксплуатация подземных вод привела к тому, что их состояние также ухудшается. В настоящий момент, согласно статье 29 закона «О недрах», запасы подземных вод, объем добычи которых составляет не более 100 кубических метров в сутки, разведанных месторождений не подлежат государственной экспертизе. То есть, недропользователи могут разделить нормативный расчет водопотребления по скважинам, и получить несколько лицензий на добычу подземных вод, при этом, не оценивая запасы. Это может привести не просто к ухудшению качества подземных вод, а к сработке водоносных горизонтов.

Исключением не является и город Воронеж, где проблема качества воды также становится одной из ведущих экологических проблем [1]. Особенно остро данная проблема ощущается в промышленных районах, в местах размещения предприятий химической промышленности. В городе Воронеже такой участок находится в южной части левого берега - промышленной зоне города, сформировавшейся начиная с конца 1930-х годов. При этом, в ряде случаев, микрокомпонентный состав подземных вод является определяющим при анализе эколого-гидрогеологических условий.

Цель данной работы - произвести микрокомпонентный анализ качества подземных вод южной части левого берега города Воронежа.

Для достижения вышеобозначенной цели были поставлены следующие задачи:

1) выявить и классифицировать по классам опасности основные микрокомпоненты водоносного горизонта, а также рассчитать суммарный показатель загряз-

нения по каждой скважине;

2) проанализировать загрязнение неоген-четвертичного водоносного комплекса по классам опасности;

3) дать рекомендации способствующие обеспечению нормативного качества подземных вод.

Работы по изучению микрокомпонентного загрязнения подземных вод выполнялись в пределах южной части города Воронежа, на левом берегу Воронежского водохранилища. Общая площадь исследований составляет около 75 км<sup>2</sup>.

В геоморфологическом отношении данный район расположен в пределах Окско-Донской низменности.

Климат района работ умеренно-континентальный, со сравнительно теплой зимой и относительно жарким летом. По многолетним данным самый холодный месяц – январь, со среднемесячной температурой – 9,3°С, самый жаркий – июль со среднемесячной температурой +19,2°С.

Территория левобережья города Воронежа в районе работ расположена в пределах северо-восточного крыла Воронежской антеклизы. В геологическом строении участвуют два структурных этажа, разделенные между собой резким угловым несогласием: нижний – докембрийский кристаллический фундамент и верхний – фанерозойский слабо-нарушенный платформенный осадочный чехол [2].

Покровная часть платформенного чехла представлена рыхлыми отложениями неогенового и четвертичного периодов, которые имеют повсеместное распространение. Отложения неогена залегают в палеодолине Дона субмеридионального направления на породах верхнего девона, перекрыты четвертичными образованиями. Последние представлены комплексом аллювиальных образований. Образуя поверхностный покров, четвертичные и в меньшей степени неогеновые отложения наиболее интенсивно подвержены загрязнению. Аллювиальные отложения представлены преимущественно песчаными породами, что способствует интенсивному проникновению техногенных загрязнений в грунты. Мощность неоген-четвертичных отложений в среднем изменяется от 40 до 60 м при абсолютных отметках подошвы 50-80 м.

Водоснабжение города Воронеж осуществляется за счет эксплуатации водоносного неоген-четвертичного аллювиального комплекса, в состав которого входит водоносный верхнеплиоценовый терригенный горизонт и гидравлически связанные с ним современный и верхнечетвертичный аллювиальные водоносные горизонты, распространенные в левобережной части долины реки Воронеж. На правом берегу распространены верхнеплиоценовый терригенный горизонт, представленный разнородными песками.

### Методика исследований

Для оценки состояния подземных вод, приуроченных к южной части левого берега города Воронеж были проанализированы результаты микрокомпонентного анализа состава подземных вод по состоянию на сентябрь-октябрь 2015 года. Анализ производился по компонентам, систематизированным и представленным в таблице 1.

Непосредственный анализ состояния подземных вод производился по 34 микрокомпонентам для которых установлены нормативы содержания в питьевой воде. Нормирование производилось для питьевых вод относительно установленных предельно допустимых концентраций [3,4].

В связи со значительным числом анализируемых микрокомпонентов и различными классами опасности загрязняющих веществ качество подземных вод оценивалось по суммарному показателю загрязнения.

Оценка СПЗ производится по следующей формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_i}{ПДК_i} - (n-1), \text{ где}$$

$C_i$  – концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в пробе, мг/л;

$ПДК_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества;

$n$  – количество веществ одного класса опасности, по которым отмечаются превышения предельно допустимой концентрации.

Расчет осуществляется по каждому классу опасности. В результате формируется ряд оценок состояния подземных вод: по 1, 2, 3 и 4 классам опасности.

Таблица 1

Перечень анализируемых микрокомпонентов по классам опасности

Класс опасности загрязняющих веществ	Перечень микрокомпонентов
1 класс опасности	Be
2 класс опасности	Al, Ba, B, Br, Bi, W, Cd, Co, Si, Li, Mo, As, Na, Ni, Nb, Rb, Sm, Pb, Se, Ag, Sr, Sb, Tl, Te
3 класс опасности	V, Fe, Mg, Mn, Cu, Ni, Ti, Cr <sup>3+</sup> , Zn
4 класс опасности	Eu
Не нормируемые микрокомпоненты	Gd, Ga, Hf, Ge, Ho, Dy, Au, In, Ir, Yb, Y, K, Ca, La, Lu, Nd, Sn, Os, Pd, Pt, Pe, Re, Rh, Rt, S, Sc, Ta, Tb, Th, Tm, U, P, Cs, Ce

### Результаты исследований

В результате проведенной оценки было выявлено, что загрязнение водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта, превышающее предельно до-

пустимые концентрации [5], микрокомпонентами 1-го и 4-го классов опасности отсутствует. Но на изучаемой территории отмечается превышение содержания веществ 2-го и 3-го классов опасности.

Результаты оценки состояния неоген-четвертичного водоносного горизонта по загрязнению веществами 2 класса опасности приведены на рис. 1. Исходя из полученной схемы выявлено, что загрязнение приурочено к участкам размещения основных производственных сооружений (биологических

очистных сооружений (БОС), бывшим полям фильтрации, предприятиям химической промышленности, ТЭЦ, предприятиям железобетонных изделий).

Результаты оценки состояния подземных вод веществами 3-го класса опасности приведены на рис. 2.

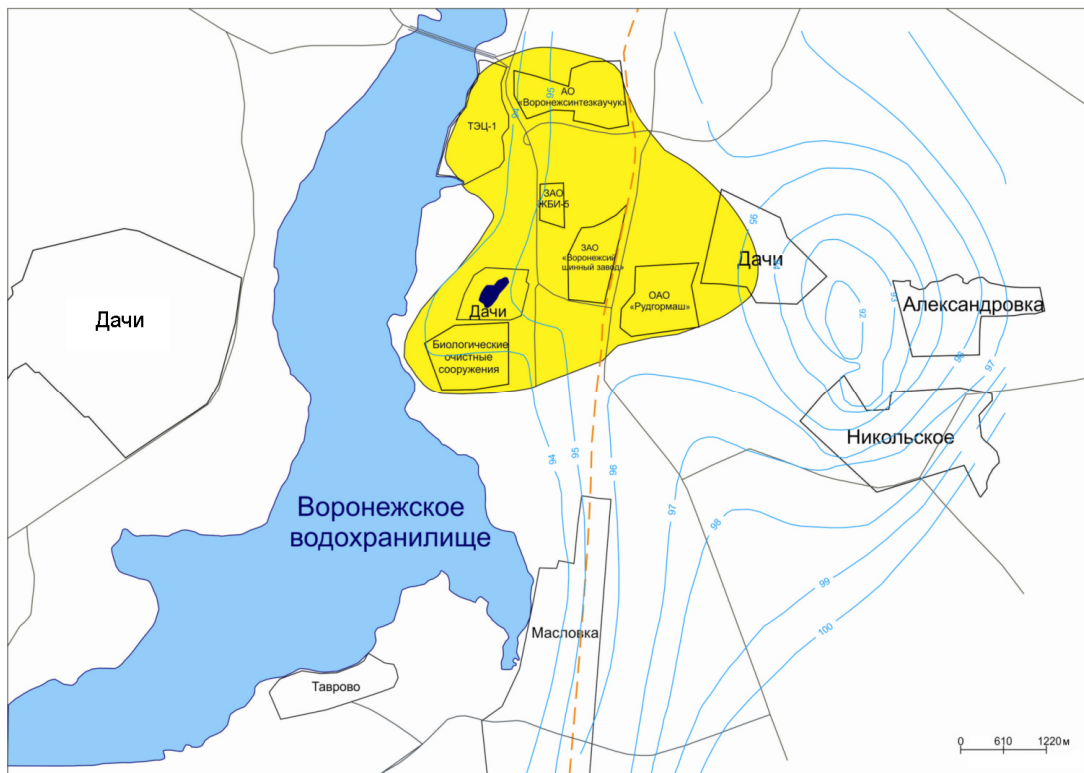


Рис. 1. Схема загрязнения подземных вод микрокомпонентами 2 класса опасности по СПЗ.

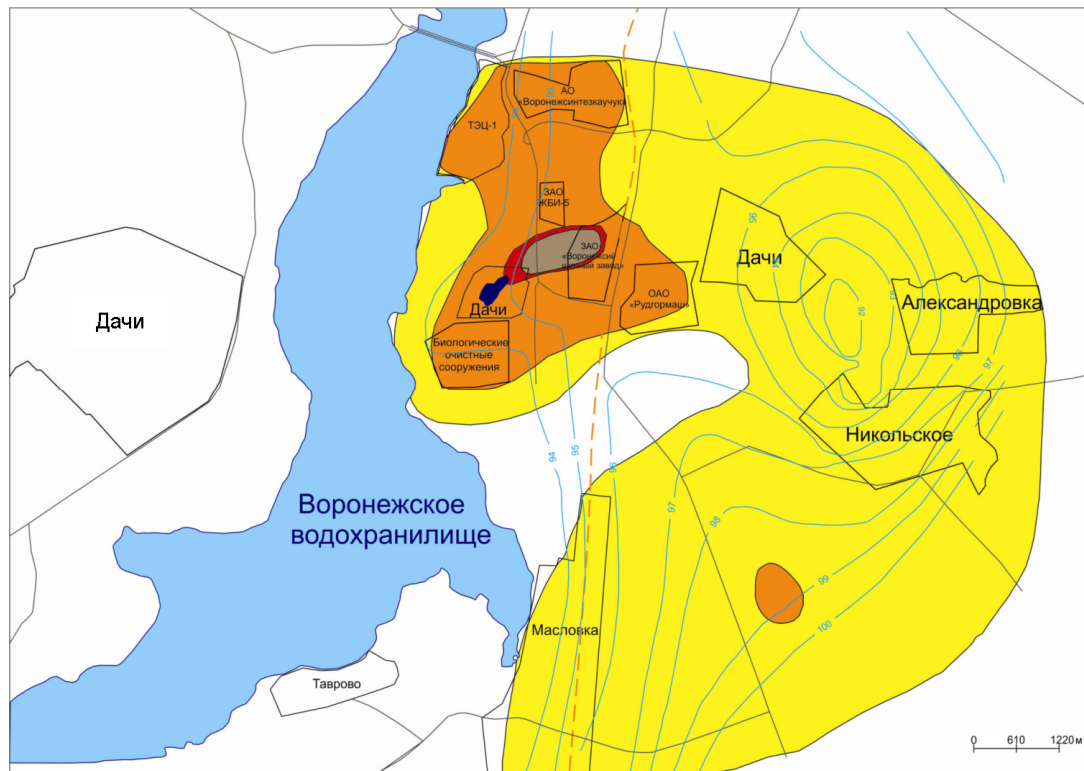


Рис. 2. Схема загрязнения подземных вод микрокомпонентами 3-го класса опасности по СПЗ.

Построенная схема свидетельствует о загрязнении подземных вод микрокомпонентами 3-го класса опасности в результате воздействия как природных так и техногенных факторов. При этом, максимальные значения суммарного показателя загрязнения фиксируются в районе наиболее интенсивной промышленной нагрузки.

Площади участков подземных вод, которые не соответствуют целям питьевого водоснабжения, по содержанию микрокомпонентов 2-го и 3-го классов опасности представлены на рис. 3.

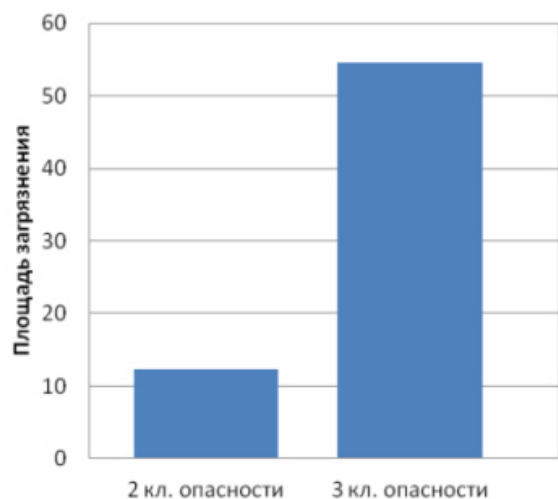


Рис. 3. Площади участков подземных вод, которые не соответствуют целям питьевого водоснабжения, по содержанию микрокомпонентов 2-го и 3-го классов опасности.

То есть, площади подземных вод не соответствующих нормативам [5] по микрокомпонентам 3-го класса опасности превышает соответствующий показатель по микрокомпонентам 2-го класса опасности в 4,44 раза.

Основной вклад в суммарный показатель загрязнения микрокомпонентами 2-го класса опасности вносят превышения по бром, бору и натрию, а в суммарный показатель загрязнения микрокомпонентами 3-го класса опасности вносят железо и марганец. Доля каждого микрокомпонента в среднем по наблюдательным скважинам значения СПЗ представлена на рис. 4.

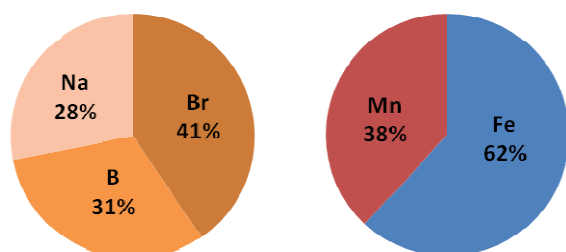


Рис. 4. Доля микрокомпонентов в среднем по наблюдательным скважинам значения СПЗ (слева – для элементов 2 класса опасности, справа - для элементов 3-го классов опасности).

Таким образом, основными загрязняющими веществами среди микрокомпонентов 3-го класса опасности является железо, а среди микрокомпонентов второго класса опасности – бром. Максимальные превышения составляют по железу – 14,43 ПДК, а по Br – 1,76 ПДК, что связано с негативным воздействием техногенных объектов (предприятий химической промышленности, предприятия железобетонных изделий, Рудгормаша).

Загрязнение неоген-четвертичного водоносного комплекса микрокомпонентами 2 класса опасности оценивается как умеренно опасное и связано в первую очередь с техногенными причинами.

Изучаемая территория по микрокомпонентам 3-го класса опасности характеризуется преимущественно умеренно опасным состоянием подземных вод, однако в районе расположения основных промышленных объектов фиксируется опасное, высоко опасное и чрезвычайно опасное их состояние. При этом, чрезвычайно опасное состояние подземных вод связано в первую очередь с предприятиями химической промышленности. Площади участков водоносного верхнеплиоценового горизонты с различной степенью загрязнения микрокомпонентами 3-го класса опасности представлены на рис. 5.

Изучаемая территория по микрокомпонентам 3-го класса опасности характеризуется преимущественно умеренно опасным состоянием подземных вод, однако в районе расположения основных промышленных объектов фиксируется опасное, высоко опасное и чрезвычайно опасное их состояние. При этом, чрезвычайно опасное состояние подземных вод связано в первую очередь с предприятиями химической промышленности. Площади участков водоносного верхнеплиоценового горизонты с различной степенью загрязнения микрокомпонентами 3-го класса опасности представлены на рис. 5.

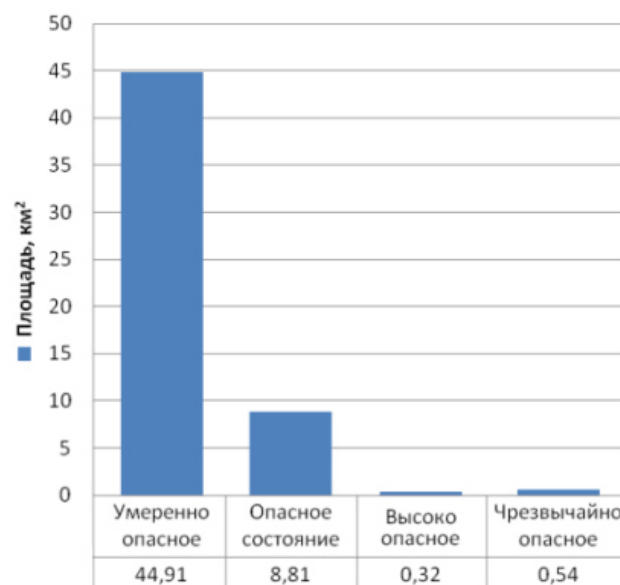


Рис. 5. Площади участков загрязнения водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта микрокомпонентами 3-го класса опасности по СПЗ.

Таким образом, большая часть изучаемой территории оценивается по состоянию подземных вод как умеренно опасная и опасная.

Наиболее негативная эколого-гидрогеохимическая обстановка сложилась в центральной части промышленной зоны, в районе размещения предприятий химической промышленности, ТЭЦ, БОС, завода Рудгормаш, предприятия ЖБИ, в связи с синергетическим воздействием повышенных концентраций элементов 2-го и 3-го классов опасности.

В ходе проведенных исследований, западнее БОС был также опробован водоносный саргаевско-семи-

лукский терригенно-карбонатный комплекс, где отмечается превышение по содержанию Fe (25,7 ПДК) и Mn (3,9 ПДК), что свидетельствует о негативном состоянии не только неоген-четвертичного водоносного комплекса, но и подземных вод, приуроченных к девонским отложениям.

В качестве основных факторов загрязнения подземных вод выделяются: природные и техногенные.

С природными причинами на изучаемой территории связано в первую очередь повышенное содержание железа и марганца. Однако природные факторы способствуют повышенному содержанию железа до 3 ПДК, а по марганцу – до 1 ПДК. То есть, ведущим фактором, определяющим экологическое состояние подземных вод на южной части левого берега города Воронежа является техногенный.

В качестве основных мероприятий, направленных на поддержание состояния подземных вод необходимо выделить следующие:

I) Контролирующие состояние подземных вод:

1) продолжение дальнейшего мониторинга состояния водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта;

2) расширение наблюдательной сети, что необходимо в связи с увеличивающимся антропогенным воздействием;

3) контроль не только за микрокомпонентным составом подземных вод, но и макрокомпонентным, а также СПАВ [6].

4) расширение сети мониторинга не только по площади, но и по глубине, то есть осуществление более детального мониторинга за состоянием водоносных горизонтов, приуроченных к девонским отложениям.

II) Работа с источника негативного воздействия:

1) формирование реальной системы экологического менеджмента на ведущих предприятиях промышленной зоны;

2) установка более современного газоочистного оборудования, в первую очередь на предприятиях нефтехимической отрасли;

3) модернизация левобережных БОС.

III) Превентивные мероприятия:

1) мероприятия направленные на информирование населения южной части левого берега города Воронежа о существующих проблемах;

2) планирование развития города Воронежа и Воронежской области с учетом результатов исследований состояния подземных вод;

3) формирование законодательной базы на основе принципов устойчивого развития. Это касается, в том числе, части первой и второй статьи 29 закона «О недрах». С экологической точки зрения, государственная экспертиза оценки запасов подземных вод на участках недр с объемом добычи менее 100 м<sup>3</sup>/сут

является элементом устойчивого развития. ФЗ «О недрах» нуждается в корректировке.

### Заключение

В результате проведенных исследований выявлено, что:

– основными загрязняющими микрокомпонентами южной части левого берега являются элементы 2-го (натрий, бром, бор) и 3-го (железо и марганец) классов опасности;

– выделено два основных фактора загрязнения неоген-четвертичного водоносного комплекса: природный и техногенный. Техногенный фактор играет решающую роль в формировании очагов загрязнений;

– разработана система мероприятий по улучшению качества подземных вод, включающая в себя 3 блока: контролирующее состояние подземных вод, работа с источника негативного воздействия, превентивные мероприятия.

Таким образом, проведенные эколого-гидрогеохимические исследования, в части микрокомпонентного анализа неоген-четвертичного водоносного комплекса, способствуют улучшению качества подземных вод. Основным условием внедрения разработанных мероприятий является их комплексное, системное применение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белозеров, Д. А. Анализ загрязнения подземных вод южной части города Воронежа железом и марганцем / Д. А. Белозеров, А. С. Лестникова // Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 11–12 ноября 2016 г.). – Ч. 2 – Воронеж. – 2016. – С. 188–191.
2. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко // Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 12. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 2002. – 165 с.
3. Косинова, И. И. Методы эколого-геохимических, эколого-геофизических исследований и рациональное недропользование: учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 511000 "Геология" и университетским геол. специальностям / И. И. Косинова, В. А. Богословский, В. А. Бударина. – Воронеж: Изд-во гос. ун-та. – 2004. – 279 с.
4. Косинова, И. И. Методика оценки трансформации верхних водоносных горизонтов в зоне влияния предприятий по производству минеральных удобрений / И. И. Косинова, Д. А. Белозеров // Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 84 – Воронеж. – 2014. – 121 с.
5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.4.1074.01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества». – Госкомэпиднадзор России. – М. – 2002 г.
6. Белозеров, Д. А. Временная динамика загрязнения подземных вод СПАВ в г. Воронеж / Д. А. Белозеров // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: материалы 4-й международной научно-практической конференции, г. Петрозаводск. – Воронеж. – 2015 г. – С. 88–90.

Воронежский государственный университет  
Белозеров Денис Александрович, доцент кафедры экологической геологии, кандидат географических наук  
E-mail: belozerovdenis@yandex.ru; Тел.: 89038507664

Voronezh State University  
Belozerov D. A., Associate professor of Ecological Geology Chair, Candidate of Geographical Sciences  
E-mail: belozerovdenis@yandex.ru; Tel.: 89038507664