

УДК 556.314 (470.324)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.Л. Бочаров, М.Н. Бугреева, Л.Н. Строгонова, М.И. Шкляр

Воронежский государственный университет

Исследованы особенности химического состава поверхностных вод северной части Воронежского водохранилища и подземных вод неоген-четвертичного и верхнедевонского водоносных комплексов по скважине, пробуренной на берегу водохранилища в районе санатория им. М. Горького. Отмечено, что и подземные, и поверхностные воды соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 по основным нормируемым показателям. Вместе с тем, наблюдается специфика поверхностных вод, заключающаяся в более высокой минерализации, содержаниях железа, марганца, хрома, не выходящих, однако, за пределы, установленные санитарно-гигиеническими требованиями для питьевой воды. Подобные обстоятельства дают основание по новому подойти к решению проблемы водоснабжения г. Воронежа.

Заполнение поймы реки Воронеж в городской черте талыми водами и образование Воронежского водохранилища произошло в апреле 1972 года. Прошло 32 года со времени введения водохранилища в эксплуатацию. По размерам Воронежское водохранилище сравнительно небольшое. С севера на юг протяженность его составляет около 35 км при средней ширине 2 км и глубине 2,6 м. Общий объем водохранилища достигает 204 млн. м³. Наибольший подъем воды над меженным уровнем составляет 7,8 м [1]. По своим параметрам водохранилище относится к равнинному руслового типа, как и большинство крупных, средних и малых водохранилищ европейской части России. Водоохранилище имеет сезонное регулирование речного стока; ежегодно весной вода практически полностью обновляется. Ввиду того, что водохранилище своей основной частью расположено в городской черте, оно испытывает сильное антропогенное воздействие. Основные проблемы водохранилища связаны с нерациональным использованием водных ресурсов, загрязнением воды и его обмелением вследствие формирования песчано-глинистых осадков.

По гидрологическому режиму и морфологическим признакам водохранилище делится на три зоны [1, 2]. Первая, или верхняя, зона простирается от окружного моста до железнодорожных мостов на участке между станциями Воронеж-I – Отрожка. Эта зона мелководная с небольшими островками, покрытыми водной и древесной растительностью. Вторая, средняя зона располагается между железнодорожными мостами до ВОГРЭСовского моста.

Эта зона отличается средними глубинами, меньшей шириной и полностью находится в черте города. В левобережье выделяется гидронамыв №1, представляющий собой песчаный пляж шириной до 2 км и длиной до 3 км [3]. Третья, нижняя зона наиболее глубокая и полноводная. Она распространяется от ВОГРЭСовского моста до плотины водохранилища и является открытой – мостовые переходы здесь отсутствуют.

В Воронежском водохранилище господствуют два вида течений: стоковые и ветровые. Скорости стоковых течений водохранилища зависят от расхода воды реки Воронеж и расхода воды, сбрасываемой через водослив плотины. Исследования, проведенные гидрологами Воронежского университета, показали, что при максимальном расходе весеннего половодья обеспеченностью 10%, равном 2470 м³/с, и при отсутствии льда средние скорости достигают в верхней зоне 0,45 м/с, в средней – 0,60 м/с, в нижней – 0,36 м/с. Наличие ледяного покрова в это время способствует повышению скорости течения воды в каждой зоне на 15-20%. При средних многолетних характеристиках максимальных расходов весеннего стока (1290 м³/с) и отсутствии льда скорости течения в указанных зонах заметно понижаются: 0,23 м/с в верхней зоне, 0,31 м/с в средней зоне и 0,19 м/с в нижней зоне [1].

Водохозяйственный баланс Воронежского водохранилища складывается из естественного водного баланса и водного баланса, характеризующего использование воды в народном хозяйстве. Естественный водный баланс определяется атмосферными

осадками, притоком воды из реки Воронеж и с поверхности водосбора. Расходная составляющая водохозяйственного баланса более разнообразна. Она включает в себя естественные (испарения, сброс воды через плотину, потери воды при фильтрации в грунтовые воды), а также антропогенные компоненты, связанные с забором воды на водохозяйственные нужды [1, 4]. Уравнение водохозяйственного баланса водохранилища можно представить в следующем виде:

$$P+Q=C+B+J,$$

где P – средняя величина речного притока, сформировавшегося на территории бассейна реки Воронеж к началу заполнения чаши водохранилища; Q – общее количество атмосферных осадков, выпадающих ежегодно на поверхность водохранилища; C – ежегодная величина сброса воды через гидроузел; B – антропогенная составляющая, включающая безвозвратные потери при заборе воды на народнохозяйственные нужды; J – ежегодная суммарная потеря воды на испарение.

Общий объем притока речной воды в среднюю по водности летне-осеннюю межень составляет 340 млн. м³; атмосферных осадков выпадает 21 млн. м³. Количество сбрасываемой воды в тех же условиях водности достигает 263,7 млн. м³ [1]. Таким образом, можно считать, что водные ресурсы водохранилища эксплуатируются на народнохозяйственные нужды в незначительных объемах. Недостаточно используется потенциал водохранилища как источника технического водоснабжения промышленных предприятий и теплоэлектростанций.

Химический состав воды Воронежского водохранилища изучен достаточно полно [2, 5-9]. По данным химических анализов минерализация воды водохранилища меняется от 0,3 до 0,65 г/м³. Максимальные значения минерализации (0,5 – 0,65 г/м³) отмечены в приплотинной части водохранилища. Она определяется, главным образом, такими макроанионами, как карбонат, хлор и, в меньшей степени, сульфат. Макрокатионы по значимости распределяются следующим образом: кальций, натрий, магний. В водохранилище распространены следующие гидрогеохимические типы вод: 1) гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-натриевый; 2) гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый; 3) смешанного анионно-катионного состава. В первом типе отмечаются также воды смешанного катионного, а во втором – смешанного анионного составов (рис. 1).

Гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриевая или смешанного катионного состава воды распространены в первом гидрологическом районе. Воды пресные с минерализацией 0,27-0,35 г/дм³ и слабой щелочной реакцией (pH=7,1-7,3) отличаются положительными значениями окислительно-восстановительного потенциала (Eh=200-220 мВ) содержат в своем составе микроэлементы-загрязнители: Mn (0,034-0,25 мг/дм³) и Fe(0,08-0,34 мг/дм³). В прибрежных участках водохранилища минерализация

возрастает до 0,5-0,6 г/дм³ за счет более высокого содержания гидрокарбонат-аниона. Во второй гидрологической зоне происходит смена гидрокарбонатно-сульфатных кальциево-натриевых вод гидрокарбонатно-хлоридными кальциево-натриевыми с минерализацией 0,35-0,45 г/дм³ и слабой кислой реакцией (pH=6,8-7,0). Значения окислительно-восстановительного потенциала существенно не меняется (Eh=200-210 мВ). В этих водах постоянно присутствуют микроэлементы: Mn (0,12-0,25 мг/дм³) и Fe (0,15-0,35 мг/дм³). Третий гидрологический район характеризуется преимущественным распространением вод смешанного анионного и катионного составов. Хотя в верхней части этой зоны присутствует и гидрокарбонатно-хлоридные кальциево-натриевые воды с повышенным содержанием магния. Минерализация воды со смешанным анионно-катионным составом колеблется в довольно широких пределах (0,35-0,65 г/дм³). Максимальная величина минерализации характерна для околоплотинного участка водохранилища, здесь же наблюдается и повышенное содержание хлора (70-90 мг/дм³), магния (14-18 мг/дм³) и нитрат-аниона (35-50 мг/дм³). Величина pH меняется в пределах 6,7-6,9, окислительно-восстановительного потенциала – в интервале 180-205 мВ. В прибрежной левобережной зоне в районе ТЭЦ-1 заметно возрастает концентрация микроэлементов. В сформировавшейся гидрогеохимической аномалии содержание Fe достигает 0,5-0,7 мг/дм³, Mn – 0,2-0,45 мг/дм³. Постоянно присутствуют такие микроэлементы, как Cr, Ti, Cu, Co. Таким образом, смена гидрогеохимических типов воды, возрастание ее минерализации и накопление элементов-загрязнителей от первой зоны к третьей объясняется техногенными причинами – хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками как с правобережья, так и с левобережья водохранилища. Негативное влияние оказывают также автомобильные стоянки и автозаправочные станции, расположенные непосредственно вблизи водохранилища, в его охранной зоне. Гидрогеохимическая аномалия тяжелых металлов в прибрежной части водохранилища в районе ТЭЦ-1 своим формированием обязана мощным золо-шлаковым отвалам, расположенным и непосредственно на берегу и размываемым дождевыми и талыми водами.

Важнейшей проблемой за весь 32-х летний период эксплуатации Воронежского водохранилища остается качество воды [2, 3, 5, 10]. Вопросы борьбы с загрязнением реки Воронеж были актуальны еще в конце 60-х - начале 70-х годов прошедшего столетия, еще до заполнения чаши Воронежского водохранилища, поскольку в речной воде постоянно фиксировались повышенные количества нитритного и аммонийного азота, превышавшие предельно допустимые концентрации этих ионов в 2-3 раза [11]. В истории своего существования водохранилище испытало два периода равного снижения качества воды [2]. Первый период относится к 1974-1977 годам. Он характеризовался резким возрастанием в

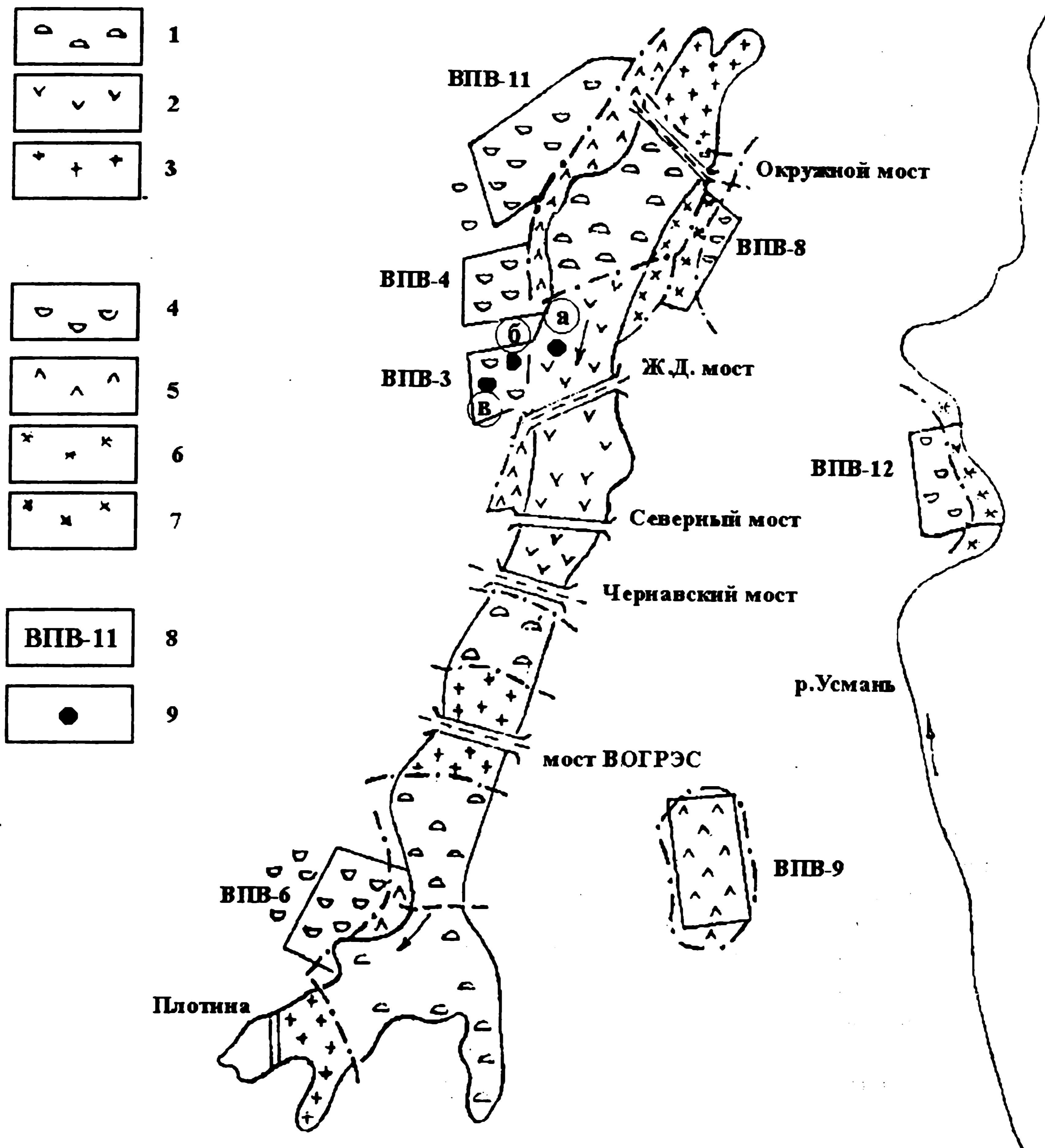


Рис. 1. Гидрогеохимическая схема Воронежского водохранилища и подземных вод водозаборов г.Воронежа: 1 – 3 – поверхностные воды (1 – $\text{HCO}_3\text{-Cl}$, Ca-Na или смешанного катионного состава, 2 – $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca-Na или смешанного катионного состава, 3 – смешанного анионного и катионного состава); 4 – 7 – подземные воды (4 – $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, Ca-Mg , 5 – $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca-Mg , 6 – $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$, смешанного катионного состава, 7 – $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca-Na , Ca-Mg); 8 – контур водозабора и его номер; 9 – точки отбора проб (а – вода водохранилища, б – вода неоген-четвертичного водоносного комплекса – ВПВ-3), в – вода верхнедевонского водоносного комплекса – ВПВ-3)

воде нефтепродуктов. Основным источником их поступления был связан с притоком загрязненных речных вод. Определенный вклад в загрязнение нефтепродуктами внесли и многочисленные моторные лодки, движение которых по водохранилищу было запрещено в 1978 году. Второй период заметного снижения качества воды относится к 1987-1990 годам. Он характеризовался резким увеличением концентраций миграционно активных соединений азота. Поступление этих компонентов было связано со сбросом в водохранилище в больших объемах недостаточно очищенных вод с промышленных предприятий. При этом в водохранилище ежедневно поступало более 500 тыс. м³ сточных вод, а очищалось менее половины этого количества. В связи с начавшимся в начале 90-х годов процессом деиндустриализации, выразившимся в резком спаде промыш-

ленного производства и прекращением поступления в водохранилище несанкционированных стоков с промышленных предприятий, качество воды стало постепенно улучшаться. Так, в первом и втором гидрологических районах вода водохранилища в настоящее время по всем основным показателям соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 – Питьевая вода [11]. Исключение составляет только железо и марганец, однако и концентрации этих микроэлементов имеет устойчивую тенденцию к снижению [5]. Обеспокоенность может вызывать только качество воды водохранилища в третьем гидрологическом районе, особенно, в околотинной его части, а также в участке, прилегающем к ТЭЦ-1, где уровень загрязнения водной среды превышает допустимые нормы по ряду показателей, прежде всего по аммоний- и нитрит-ионам, нефте-

**Химический состав поверхностных и подземных вод первой гидрологической зоны
Воронежского водохранилища**

Макрокомпоненты (мг/дм ³), (мг-экв/дм ³), (%-мг-экв)						Общая жесткость (мг-экв/л)	рН	Мезокомпоненты (мг/л)				М (г/дм ³)	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻			Fe _{общ}	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻		
Вода Воронежского водохранилища													
100	12,2	21,2	317,2	70	58	6	7,3	0,3	0,05	0,06	0,51	0,58	
5	1	2,26	5,2	1,46	1,6								
60,5	12,1	27,4	62,9	17,7	19,4								
Вода неоген-четвертичного водоносного комплекса													
76,0	25,6	27,6	256,2	75	46,2	5,9	6,95	0,4	0,05	0,005	12	0,52	
3,8	2,1	1,2	4,2	1,6	1,3								
54	30	16	59	23	18								
Вода верхнедевонского водоносного комплекса													
25	6	20	183	98	12	1,5	7,9	0,1	н/о	0,02	1,4	0,34	
1	0,5	3,8	3	2	0,3								
71,7	9,4	18,9	56,6	37,7	5,7								

продуктам и тяжелым металлам. Процесс самоочищения воды Воронежского водохранилища можно считать необратимым. Этому будет способствовать действующая сейчас программа экологической безопасности Воронежского водохранилища, предусматривающая среди прочих мер строительство новых и реконструкцию действующих очистных сооружений.

Особого внимания заслуживает анализ распределения миграционно активных форм азота в воде Воронежского водохранилища. Содержание нитратов в воде колеблется в довольно широких пределах – от 0,1 до 5,5 мг/дм³, нитритов – 0,01-0,36 мг/дм³, аммония – 0,01-8,74 мг/дм³. Повышенные концентрации соединений азота наблюдаются, как правило, в местах выпуска сточных вод. Так, в районе левобережных очистных сооружений концентрация нитратов достигает 57,5 мг/дм³, нитритов – 1,36 мг/дм³, аммония – 4,52 мг/дм³, то есть по первым двум компонентам уровень концентраций соответствует максимальным для водохранилища значениям [9, 12]. Во всех зонах водохранилища наблюдается устойчивая тенденция, хотя и в небольших количествах повышения среднегодовых концентраций аммонийного азота. Увеличение его содержания обязано ряду факторов, среди которых на первом месте следует выделить сброс в водоем хозяйственно-бытовых, ливневых и сточных вод промышленных предприятий, а также замедленный водообмен. Распределение соединений азота по зонам водохранилища находится в соответствии с общим зональным распределением макро- и мезокомпонентов химического состава воды водохранилища.

Наличие сине-зеленых водорослей отмечено в третьей гидрологической зоне, где они образуют отдельные изолированные скопления, прослеживающиеся на расстоянии 3 км вдоль левобережной части водохранилища. Впервые эти скопления были обнаружены 30 лет назад на самых ранних этапах существования водоема. Меры, принятые в целях ликвидации сине-зеленых водорослей, оказались безрезультатными. Их массовое развитие способст-

вует вторичному загрязнению южной приплотинной части водохранилища. Сочетание антропогенно техногенного и биогенного загрязнения способствует формированию в этой зоне участка акватории гипертрофного типа. Об этом свидетельствует сезонная динамика изменения концентрации азота, которая не имеет четкой направленности, свойственной природным процессам, и наглядно отражает неравномерность воздействия антропогенно техногенных факторов на водоем.

Исследованы гидрогеохимические особенности наиболее чистой первой, верхней зоны водохранилища, а также подземных вод неоген-четвертичного и верхнедевонского водоносных комплексов (табл.). Анализы водной среды выполнены в лаборатории кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии по стандартным методикам [13]. Пробы отобраны в районе водозабора подземных вод №3 (санаторий им. М. Горького). В настоящее время водозабор расширен за счет намыва песчаной дамбы, образующей лагуну шириной 150 метров. На правом берегу вблизи санатория пробурена скважина глубиной 150 метров на девонские воды. Водозаборные скважины имеют глубину 30-50 метров и вскрывают неоген-четвертичный водоносный комплекс. Существует устойчивая гидравлическая связь между водами водохранилища и эксплуатируемым неоген-четвертичным водоносным комплексом. Исследователями неоднократно указывалось на приток воды водохранилища водозаборной скважины. По разным оценкам 80-90% поверхностных вод формируют водный баланс водозабора. Как следует из таблицы, химический состав воды водохранилища отвечает требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода» по всем показателям. Вода относится к гидрокарбонатно-сульфатному кальциево-натриевому классу с минерализацией 0,53 г/дм³ с невысокой жесткостью и крайне низкими содержаниями подвижных форм азота. Вода имеет слабощелочную реакцию. Отмечается несколько повышенное содержание Fe общего, не превышающее, однако, предельно допустимую концен-

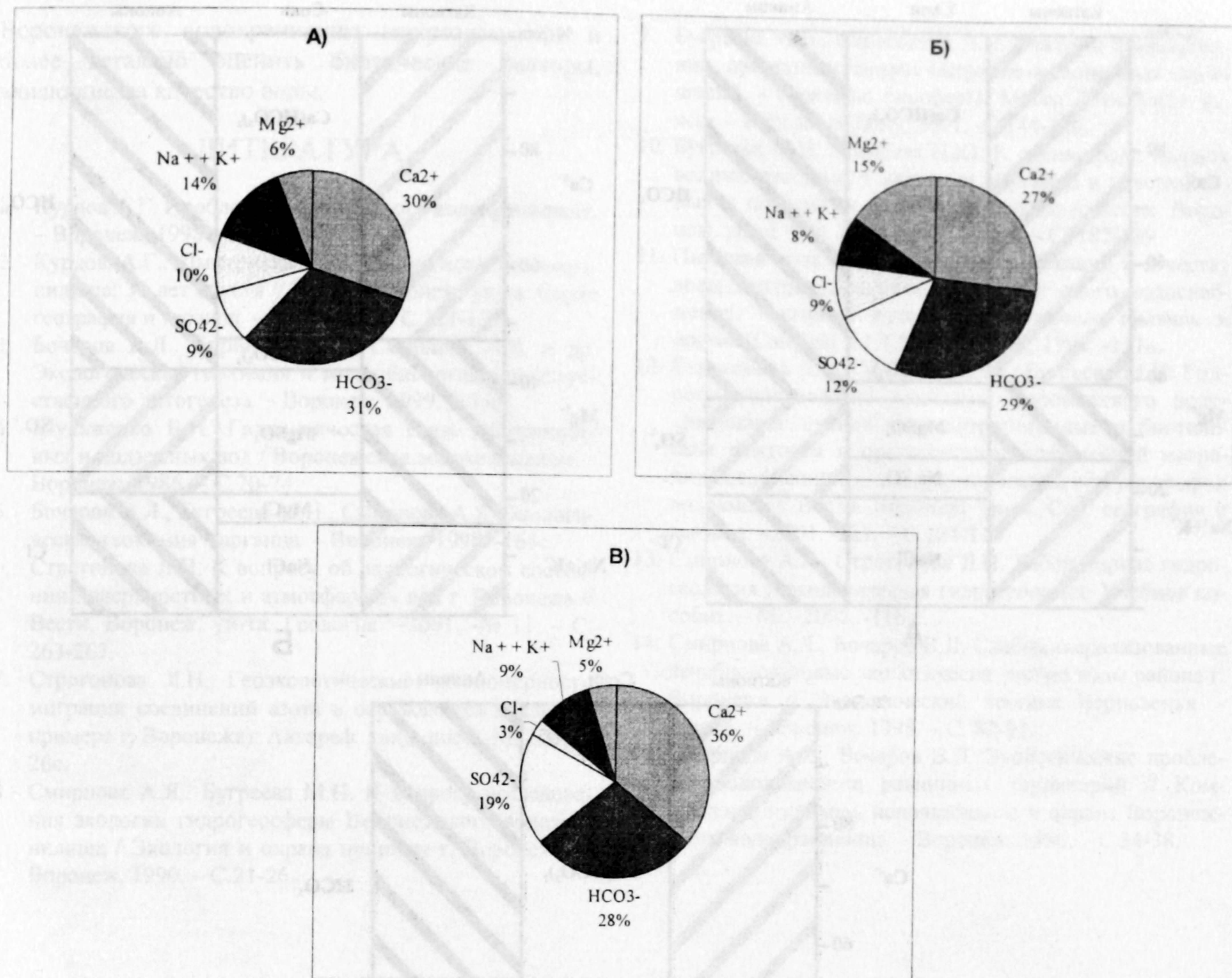


Рис. 2. Круговые диаграммы химического состава поверхностных и подземных вод: А - поверхностные воды Воронежского водохранилища; Б - подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса; В - подземные воды верхнедевонского водоносного комплекса

трацию. Проба подземной воды из неоген-четвертичного водоносного комплекса отобрана из скважины, расположенной на песчаной дамбе, пробуренной в 2002 году. Химический состав воды мало чем отличается от состава воды водохранилища (см. табл.). Вода также относится к гидрокарбонатно-сульфатному кальциево-натриевому классу и, за исключением железа, соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода». Она обладает нейтральной реакцией ($pH=6,95$) и, в отличие от воды водохранилища, содержит более высокую концентрацию магния. Девонская вода при полном ее соответствии требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода» имеет слабощелочную реакцию и по соотношению главных компонентов также классифицируется как гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-натриевая. Из подвижных соединений азота отмечается только в крайне небольших количествах нитрат- и нитрит-анионы. Вода очень мягкая и характеризуется весьма низкой минерализацией (см. табл.). Подземные воды верхнедевонского комплекса по составу полностью идентичны ранее охарактеризованным водам того же возраста, распространенным в междуречье Дон-Воронеж [14].

Они классифицируются как слабоминерализованные лечебно-столовые экологически чистые, значительно более высокие по качеству по сравнению с водами из водозаборных скважин. Однако использование их для питьевого водоснабжения населения г. Воронежа в настоящее время не представляется возможным из-за сложностей технического характера и незначительных эксплуатационных запасов. Химический состав рассмотренных типов вод представлен на круговых диаграммах (рис.2) и прямоугольных графиках (рис. 3), широко используемых в гидрогеохимии для наглядного представления их гидрогеохимической специфики. Здесь отчетливо видно преобладание среди анионной части макрокомпонентов гидрокарбонат-ионов, среди катионной – кальций- и натрий-ионов. Девонские воды отличаются от поверхностных вод водохранилища и подземных вод неоген-четвертичного комплекса более высокими содержаниями в своем составе сульфат-аниона и катионов кальция.

Известно, что ресурсы водохранилища являются основным источником городского водоснабжения. Следовательно, качество воды водохранилища должно соответствовать санитарно-гигиени-

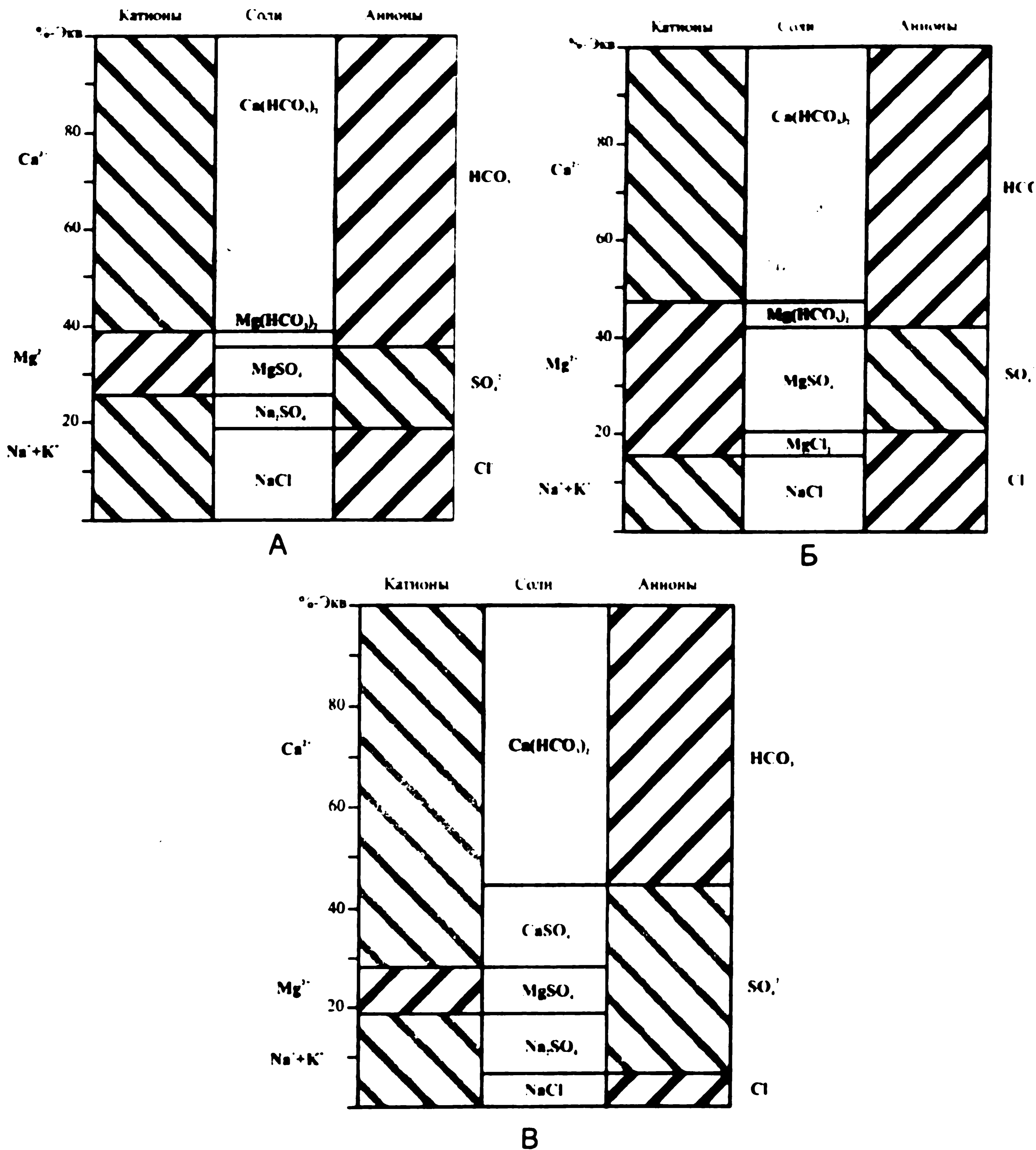


Рис. 3. Прямоугольные графики химического состава поверхностных и подземных вод: А – поверхностные воды Воронежского водохранилища; Б – подземные воды неоген-четвертичного водоносного комплекса, В – подземные воды верхнедевонского водоносного комплекса

ческим нормам по всем показателям. Такое соответствие наблюдается в первой, верхней гидрологической зоне, где и расположены основные водозаборы подземных вод. Поскольку вода этой зоны водохранилища по сути дела не отличается по компонентному составу от воды водозаборных скважин, возникает вопрос: стоит ли расширять водозаборы правобережной части водохранилища или напрямую подавать воду из водохранилища на станцию водоподготовки и водоочистки? Подобный опыт прямого использования воды водохранилищ равнинных территорий известен [15]. В частности, города Вол-

гоград, Саратов для водоснабжения используют воду Волжского водохранилища, город Волгодонск воду Цимлянского водохранилища. Воды этих рукотворных бассейнов далеко не идеальны в санитарно-гигиеническом отношении, однако современные методы водоподготовки и водоочистки позволяют подавать в квартиры горожан безукоризненно чистую воду. Чтобы решить проблему оптимального водообеспечения населения города Воронежа целесообразно было бы использовать имеющийся опыт этих крупных городов, проведя предварительно исследования по содержанию и распределению в воде

Воронежского водохранилища микроэлементов и более детально оценить биотические факторы, влияющие на качество воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курдов А.Г. Проблемы Воронежского водохранилища. – Воронеж, 1998. -168с.
2. Курдов А.Г., Дмитриева В.А. Воронежское водохранилище: 30 лет спустя // Вестн. Воронеж. ун-та. Серия география и геоэкол. –2002. -№1. – С.124-127.
3. Бочаров В.Л., Епринцев А.Т., Смирнова А.Я. и др. Экологическая геохимия и микробиология зон искусственного литогенеза. – Воронеж, 1999. -154с.
4. Шульженко В.Н. Гидравлическая связь поверхностных и подземных вод / Воронежское водохранилище. - Воронеж, 1986. – С.70-74.
5. Бочаров В.Л., Бугреева М.Н., Смирнова А.Я. Экологическая геохимия марганца. – Воронеж, 1998. -164с.
6. Строгонова Л.Н. К вопросу об экологическом состоянии поверхностных и атмосферных вод г. Воронежа // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. –2001. -№ 11. – С. 263-267.
7. Строгонова Л.Н. Геоэкологические закономерности миграции соединений азота в окружающей среде (на примере г. Воронежа): Автореф. канд. дисс. -М., 2001. - 26с.
8. Смирнова А.Я., Бугреева М.Н. К вопросу исследования экологии гидрогеосферы Воронежского водохранилища / Экология и охрана природы г. Воронежа. – Воронеж, 1990. – С.21-26.
9. Бугреева М.Н., Строгонова Л.Н. Факторы формирования природных нитрат-нитритно-аммонийных соотношений - Геохимия биосферы: Матер. Междунар. совещ. – Ростов-на-Дону, 2001. -С.144-146.
10. Бугреева М.Н., Хлызова Н.Ю. К оценке роли высших водных растений в миграции марганца в поверхностных и подземных водах г. Воронежа // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. геол. - 1997. - № 4. - С. 187-189.
11. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.559-96). – М., 1996. -111с.
12. Строгонова Л.Н., Хлызова Н.Ю., Бугреева М.Н. Гидрогеоэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоемов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. география и геоэкол. –2001. -№1. – С.104-114.
13. Смирнова А.Я., Строгонова Л.Н. Лабораторная гидрогеология и экологическая гидрогеология. Учебное пособие. – М., -2002. -116 с.
14. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л. Слабоминерализованные лечебно-столовые экологически чистые воды района г. Воронежа // Экологический вестник Черноземья. - Вып. 6. – Воронеж, 1998. – С. 82-91.
15. Смирнова А.Я., Бочаров В.Л. Экологические проблемы водохранилищ равнинных территорий // Комплексное изучение, использование и охрана Воронежского водохранилища. – Воронеж, 1996. – С.34-38.

УДК 502.55.001.57

ИНТЕГРАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ

И.И. Косинова, О.В. Базарский, Е.Б. Золототрубов

Воронежский государственный университет

В данной статье рассмотрена интегральная модель эколого-геологической оценки загрязненных урбанизированных территорий. Представленная методика апробирована на примере Михайловского промышленного района КМА. Преимуществом разработанной методики является экологическая оценка района, что позволяет объективно сравнивать различные урбанизированные территории по степени их экологической опасности. Кроме того, предложенная методика позволяет объективно отследить динамику загрязнения района за счет внешних факторов без искажающего действия внутренних природных.

Существующая методика эколого-геологической оценки загрязненных урбанизированных территорий является по своей сути дифференциальной. Вычисляется коэффициент концентрации различных загрязнителей и картируется их пространственное распределение в виде линий равных коэффициентов концентраций. Подобные карты дают наглядное представление о пятнах загрязнения, но не характеризуют эколого-геологическое состояние территории в целом. Так, в пятне загрязнения одним элементом концентрация других загрязнителей может быть достаточно малой и наоборот. Случайный характер пространственного распределения различных загрязняющих веществ не позволяет по извест-

ной методике сделать вывод о интегральном загрязнении изучаемой территории и ее экологическом состоянии.

Разработана интегральная статистическая модель эколого-геологической оценки состояния урбанизированных территорий и методика их классификации по степени экологической опасности. Она апробирована на примере Михайловского промышленного района КМА. Данный район расположен на северо-западе Курской области в пределах большей части Железногорского района и небольшой части Дмитриев-Льговского на юго-западе и Фатежского на юго-востоке (территория листов N-26-132 В; N-36-144-А; N-36-143-Б и N-36-131-Г),