

ГИДРОГЕЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НОВОХОПЁРСКОГО НИКЕЛЕНОСНОГО РАЙОНА. Статья 2. Мезозой и кайнозой

В. Л. Бочаров, О. А. Бабкина, Г. Ю. Дешевых, Л. Н. Строганова, Ю. А. Устименко

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 27 января 2017 г.

Аннотация: приведены сведения о геологической стратификации и подземных водах Новохоперского никеленосного района Воронежской области, начиная с мезозоя и заканчивая кватерном. Они представлены разнообразным структурно-вещественным набором горных пород осадочного чехла, содержащих пресные подземные воды. Отмечено, что гидрогеологические условия района отражают их приуроченность к северо-западной периферии Приволжско-Хоперского артезианского бассейна и включают 19 гидрогеологических подразделений: водоносных (локально водоносных) и водоупорных геологических структур. Химический состав подземных вод испытывает значительные вариации по содержанию основных типобразующих компонентов, показателей минерализации и жесткости, концентрации активных солей азота, что свидетельствует о низком в целом уровне естественной защищенности водоносных горизонтов. Определена эволюция подземной гидросферы в истории геологического развития осадочных комплексов района. Показано, что геологоразведочные работы, проводимые на участках недр «Еланский» и «Елkinский» Новохоперского никеленосного района, не сопровождаются негативным воздействием на стояние пресных подземных вод осадочного чехла.

Ключевые слова: Воронежский кристаллический массив, Приволжско-Хоперский артезианский бассейн, Новохоперский никеленосный район, участки недр «Еланский» и «Елkinский», водоносные горизонты и комплексы, водоупоры, химический состав подземных вод, водопроницаемость, ресурсы подземных вод, экологическая оценка подземных вод.

GIDROGEOLOGY CONDITIONS OF THE NOVOKHOPERSK NICKEL DISTRICT. Article 2. Mesozoic and Cenozoic

Abstract: provides information about the geological stratification and groundwater nickel Novokhopersk district of Voronezh region, starting with the Mesozoic and ending with the Quaternary. They presented a variety of structural-material a set of rocks of sedimentary cover, containing fresh groundwater. Noted that the hydrogeological conditions of the area reflect their distribution in the North-Western periphery of the Volga-Khopersky artesian basin and include 19 hydrogeological units: aquifer (local aquifer) and water in geological structures. Preliminary conclusions about the chemical composition of groundwaters, is given their environmental assessment and the evolution of underground hydrosphere in the geological evolution of the sedimentary complexes of the area. It is shown that the exploration work carried out on subsoil plots of "Elansky" and "Elkinsky" nickel Novokhoperskiy region, not accompanied by negative impact on the standing of fresh groundwater of the sedimentary cover.

Keywords: Voronezh crystal massive, the Volga-Khopersky artesian basin, nickel Novokhopyorsky district, subsoil "Elansky" and "Elkinsky", aquifers and complexes, water pressure, chemical composition of underground water, water, groundwater resources, environmental assessment groundwater.

Введение

Как уже отмечалось в предшествующих работах [1, 2], Новохопёрский никеленосный район занимает восточную часть новой Воронежской никеленосной провинции Российской Федерации (рис. 1). Рудоносные норитовые и норит-диоритовые тела локализованы в зоне субмеридианальной Новохоперско-Шумилинской разломной зоной и сопутствующей ей разрывными нарушениями субширотного простирания более мелкого порядка. Кроме Еланского (пос.

Сорокинский) и Елkinского (пос. Елка) рудоносных мафитовых тел в качестве перспективных на обнаружение сульфидных медно-никелевых руд рассматриваются установленные в этом районе норитовые тела – Бороздиновское, Новопокровское, Троицкое [3].

Геологическая разведка и последующая эксплуатация рудных месторождений требуют весьма значительных затрат водных ресурсов. В связи с этим первостепенное значение приобретает детальное изучение пресноводных гидрогеологических подразделений

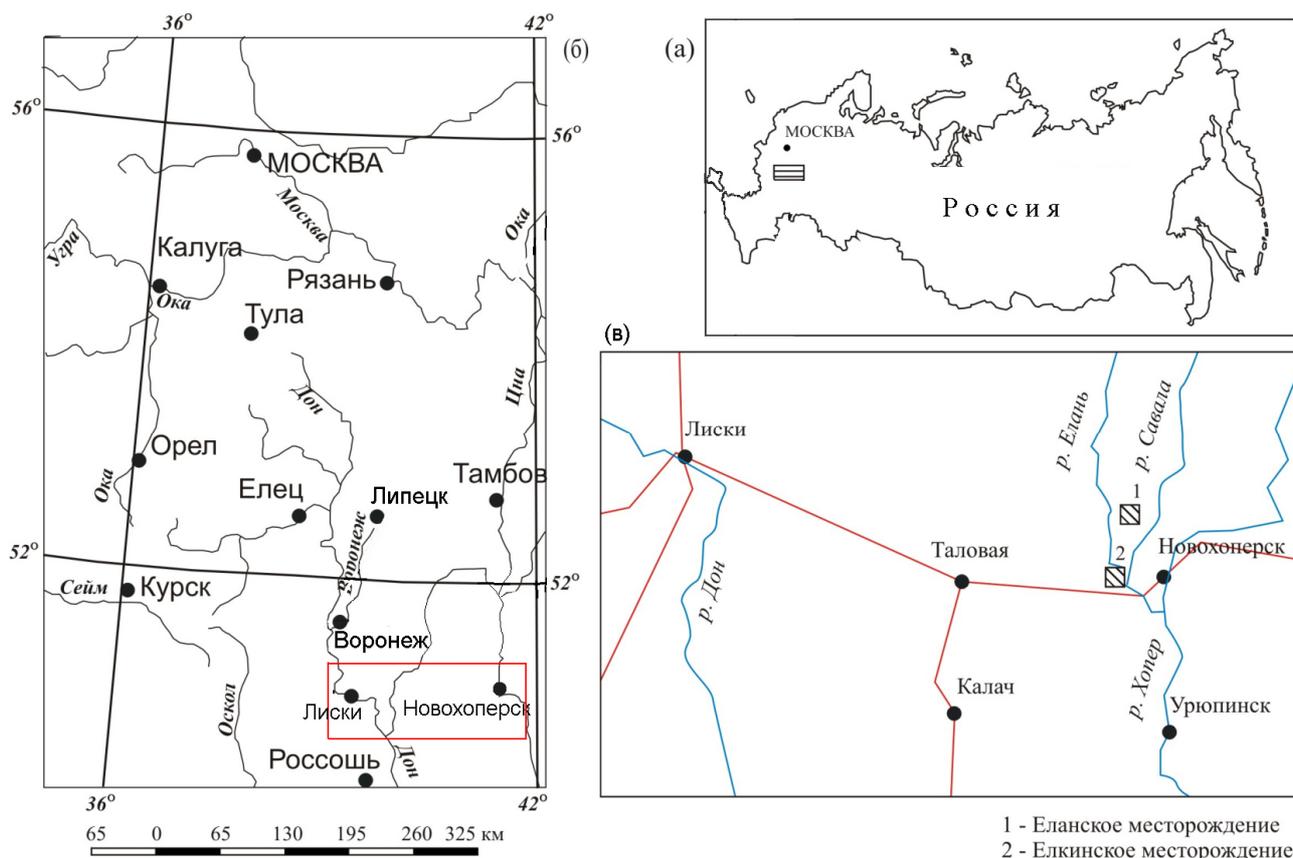


Рис. 1. Географическое положение сульфидных медно-никелевых месторождений Новохоперского никеленосного района.

мезозоя и квартера, на которых базируется современное хозяйственно-питьевое водоснабжение восточной части Воронежской области и сопредельных районов Волгоградского Прихоперья [4, 5].

В основу гидрогеологической стратификации платформенного чехла Новохоперского никеленосного района положены стратиграфические схемы мезокайнозойских отложений, из работы [6].

Меловой водоносный комплекс

Водоносный, локально слабоводоносный, готеривский терригенный горизонт (K_{1g}). Он распространен на севере и северо-востоке, а также фрагментарно на Калачской возвышенности. Водовмещающие породы представлены песками, песчаниками, реже алевритами с маломощными прослоями глин. Мощность горизонта изменяется от 5 м в центре района до 18 м на его северо-востоке. Из-за пестрого литологического состава водовмещающих пород их фильтрационные свойства не выдержаны: коэффициент фильтрации изменяется от 0,03 м/сут до 10 м/сут, в среднем колеблется в интервале 0,5-5 м/сут. В местах перекрытия горизонта вышележащими нижнеаптскими глинами воды напорные, а величина напора достигает 46,5 м. Глубина залегания уровня – от 1,5 до 56,5 м на абсолютных отметках +50 - +122 м. Глубина залегания кровли водоносного горизонта варьирует от 42 м до 155 м, абсолютные отметки изменяются от +35,5 до +83,5 м. В местах отсутствия водоупорных глин он имеет единый уровень с апт-сеноманским горизонтом. Водообильность горизонта невелика, удельные дебиты – 0,04-0,6 дм³/с, в среднем 0,2-0,4 дм³/с. Химический состав вод преимущественно хлоридно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатный,

смешанный магниевый-кальциевый, натриево-кальциевый. Они пресные с минерализацией 0,4-1,0 г/дм³, но в местах подтока минерализованных девонских вод минерализация увеличивается до 1,8 г/дм³. Воды от умеренно жестких до очень жестких (общая жесткость колеблется от 4 до 11 мг-экв/дм³), их реакция нейтральная, реже слабо щелочная (рН – 6,8-7,6).

В целом готеривский горизонт хорошо защищен от загрязнения. Питание его осуществляется путем подтока вод как нисходящих, так и восходящих; разгрузка происходит в основном в долинах рек. Горизонт эксплуатируется единичными эксплуатационными скважинами, зачастую совместно с вышележащим апт-сеноманским горизонтом.

Водоупорный нижнеаптский терригенный горизонт (K_{1a}). Распространен на севере и северо-востоке, а также протягивается широкой полосой неправильной формы с запада на юго-восток с увеличением мощности до 30 м в юго-восточном направлении. Горизонт представлен глинами с прослоями и линзами алевритов. Преобладающая глубина залегания кровли горизонта составляет 60-80 м, на абсолютных отметках +60 - +89 м. Плотные глины служат на всей территории своего распространения нижним водоупо-

ром для вышележащих водоносных горизонтов, вплоть до современного.

Водоносный апт-сеноманский терригенный горизонт (Ka-s). Его воды распространены повсеместно на территории Калачской возвышенности и только небольшими фрагментами на левобережье р. Хопер. Водовмещающими породами являются пески, в различной степени глинистые, с редкими прослоями песчаников и глин, среди которых самым мощным прослоем являются аптские глины мощностью от 0,5 до 4 м. Мощность горизонта уменьшается с запада на восток от 0,5 до 66 м, составляя в среднем 20-40 м.

Фильтрационные свойства водоносного горизонта, как и литологический состав водовмещающих пород, весьма изменчив – коэффициент фильтрации варьирует от 0,03 до 7,5 м/сут, наиболее часто – в интервале 1-3 м/сут. Местами, где горизонт перекрывается монолитным мелом или относительно мощными прослоями глин, воды приобретают местный напор. В общем же горизонт имеет свободный уровень, залегающий на глубинах 17-113,7 м, в среднем 30-60 м. Соответствующие абсолютные отметки +77 - +136 м. Водообильность пород горизонта также изменчива. Удельные дебиты водопунктов изменяются от 0,01 до 5,6 $\text{дм}^3/\text{с}$, составляя в среднем 0,2-0,7 $\text{дм}^3/\text{с}$. Химический состав вод пестрый. Во-первых, это связано с отсутствием хорошего водоупорного перекрытия, во-вторых – с многочисленными тектоническими нарушениями, по которым происходит восходящий подток минерализованных вод девона. Особенно это проявляется в эксплуатационных скважинах, находящихся вблизи зон тектонической активизации, в процессе эксплуатации которых происходит подтягивание девонских вод в рассматриваемый горизонт. Именно с этим связано повышение минерализации до 8,7 г/дм³, в отдельных водопунктах с сульфатно-хлоридным составом и с содержанием хлоридов до 2668 мг/дм³, сульфатов до 3100 мг/дм³, общей жесткостью 45,9 мг-экв/дм³.

В целом же на территории никеленосного района воды апт-сеноманского горизонта пресные до весьма слабосоленоватых и имеют сульфатно-гидрокарбонатный, смешанный, хлоридно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, кальциевый-натриевый состав с минерализацией 0,4-1,5 г/дм³, нейтральной, реже слабо щелочной активной реакцией – pH 6,5-8,5, общей жесткостью от 4,2 до 8,5 мг-экв/дм³, что позволяет классифицировать их как умеренно жесткие.

По перечисленным выше причинам в водах горизонта наблюдается повышенное содержание ряда микроэлементов: марганца до 0,56 мг/дм³, титана до 0,24 мг/дм³, бария до 0,39 мг/дм³, брома до 2 мг/дм³, а также нитратов 44,6 мг/дм³. Питание горизонта осуществляется за счет перетока вод из вышележащих водоносных горизонтов, инфильтрации атмосферных осадков и восходящего подтока снизу. Разгрузка происходит в долинах рек, балок, а также перетоков в нижележащие водоносные горизонты. Апт-сеноманский горизонт является основным эксплуатационным для водоснабжения большей части территории нике-

леносного района, несмотря на неудовлетворительное в целом качество воды. В восточной, южной и юго-восточной частях района, где мощность горизонта резко уменьшается, он не обеспечивает потребности населения в питьевой воде.

Слабоводопроницаемый локально слабоводоносный турон-сантонский карбонатный горизонт (K₂-st). Распространен на юге никеленосного района. Водовмещающими породами служат мела писчие, прослоями песчаные, трещиноватые. Мощность горизонта увеличивается на юг и достигает 25 м, составляя в среднем 15 м. Воды горизонта безнапорные. Уровень подземных вод устанавливается на глубине от 4,1 м в долинах рек и днищах балок до 92 м на водоразделах. Абсолютные отметки уровня изменяются в пределах +145 - +190 м, составляя в среднем +155 м (рис. 2а, 2б).

Водообильность горизонта зависит от трещиноватости пород и составляет и варьирует в пределах 0,001-3 $\text{дм}^3/\text{с}$, не превышая, как правило, 0,1 $\text{дм}^3/\text{с}$. Коэффициент фильтрации меняется от 0,13 до 18,8 м/сут, наиболее часто от 0,1 до 1,3 м/сут. Водоупорное перекрытие горизонт имеет на водоразделах, где перекрывается глинистыми породами палеогена. Нижним водоупором служат собственные мела – глинистые, слабо трещиноватые. В балках и долинах рек, где горизонт выходит на поверхность, он не защищен от загрязнения.

Химический состав подземных вод турон-сантонского горизонта преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный, гидрокарбонатный кальциевый, натриево-кальциевый с минерализацией 0,4-0,9 г/дм³. Воды умеренно жесткие до жестких: общая жесткость варьирует в интервале 2-10 мг-экв/дм³. Среда нейтральная или слабо кислая (pH – 6,8-7,4). Отдельные микрокомпоненты (элементы группы железа, медь, цинк, свинец, редкие щелочные металлы) находятся в пределах установленных для воды хозяйственно-питьевого снабжения ПДК [7]. В некоторых скважинах обнаружено слегка повышенное содержание титана – 0,13 мг/дм³. Это связано с наличием в разрезе так называемого "хоперского" горизонта, среднезернистые пески которого включают мельчайшие зерна рутила и титаномагнетита.

Питание турон-сантонского горизонта осуществляется за счет перетока из вышележащих водоносных горизонтов и инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в нижележащие гидрогеологические подразделения и в виде родников в глубоких эрозионных врезках.

Воды горизонта ввиду малой водообильности и большой глубины залегания используется для нужд населения в ограниченном масштабе (только в глубоких балках и долинах рек) единичными колодцами.

Палеогеновый водоносный комплекс

Слабоводоносный, локально водоупорный сумской терригенный горизонт (P₁sm). Он распространен широко, отсутствуя лишь в глубоких эрозионных врезках. Представлен горизонт глинами, с прослоями

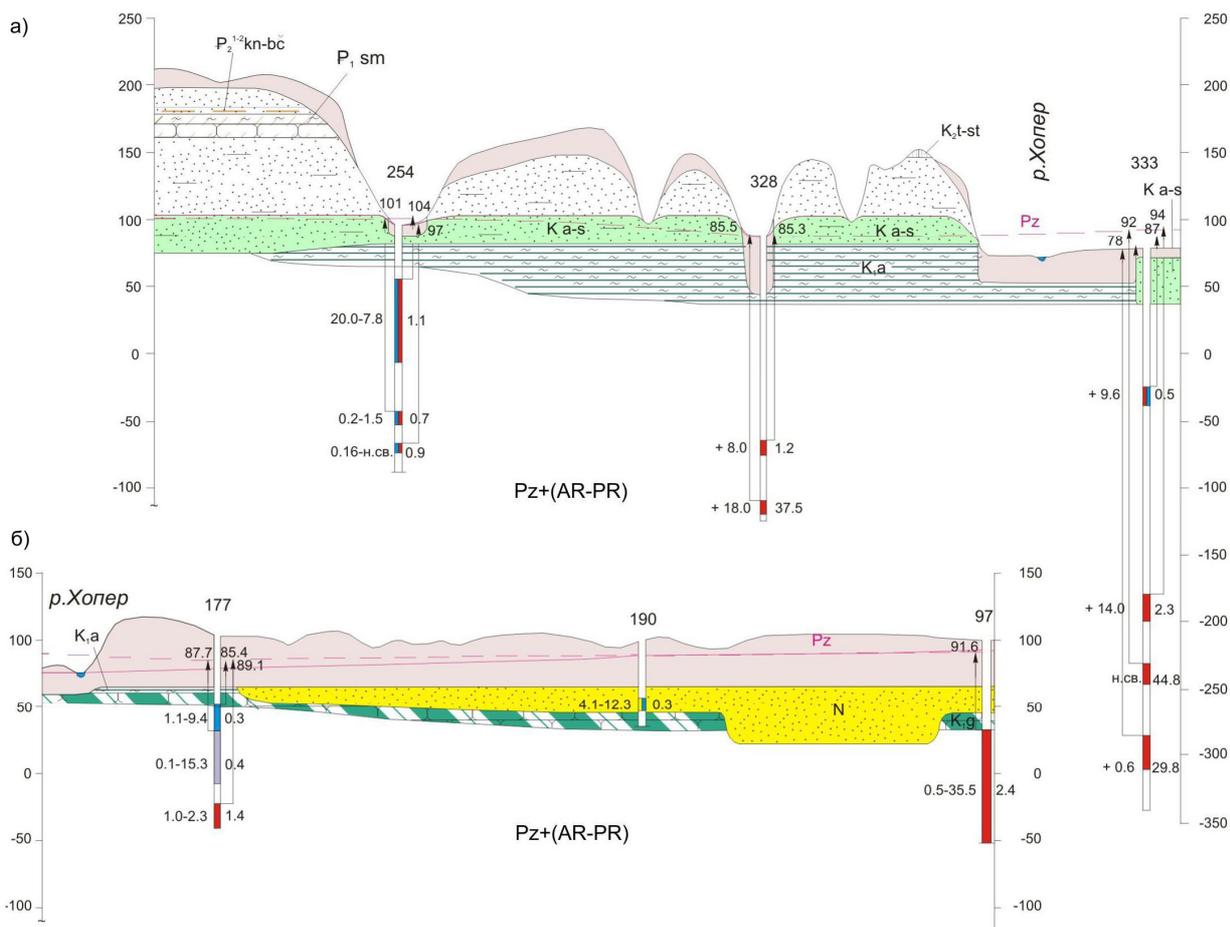


Рис. 2. Гидрогеологический разрез: а – по правобережью р. Хопер; б – по левобережью р. Хопер.

Гидрогеологические подразделения

Индекс	Наименование гидрогеологических подразделений
N	Водоносный неогеновый аллювиальный горизонт
P	Проницаемый неводоносный (сдренированный) палеогеновый терригенный комплекс
P ₂ ¹⁻² kn-bc	Слабоводоносный каневско-бучацкий терригенный горизонт
P ₁ sm	Слабоводоносный локально водоупорный сумской терригенный комплекс
K ₂ t-st	Слабоводопроницаемый локально слабоводоносный турон-сантонский карбонатный горизонт
K a-s	Водоносный апт-сеноманский терригенный горизонт
K ₁ a	Водоупорный нижнеаптский терригенный горизонт
K ₁ g	Водоносный локально слабоводоносный готеривский терригенный горизонт
Pz+(AR-PR)	Совместный палеозойский и архей-протерозойский водоносный этаж

Прочие знаки

— Уровень подземных вод со свободной поверхностью

— Pz — Пьезометрический уровень

97
91.6
0.5-35.5 2.4

Скважина гидрогеологическая. Цифра вверху - номер по карте. Закраска соответствует химическому типу воды в опробованном интервале глубины. Стрелки соответствуют величине напора подземных вод опробованного интервала. Цифра у стрелки - абсолютная отметка пьезометрического уровня воды, м. Цифры слева от интервала опробования: первая - дебит, л/с, вторая - понижение, м; справа - минерализация воды, г/дм³.

Пески

Глины

Песчаники

Глинистость

Условные обозначения к рис. 2

опоковидных, вешенской свиты и песками, песчаниками бузиновской свиты. С запада на восток наблюдается увеличение мощности глин и уменьшение мощности песков и песчаников. Мощность пород горизонта варьирует от 5 до 24 м, составляя в среднем 10-15 м. Воды безнапорные. Глубина залегания кровли очень сильно изменяется от бортовых частей балок до высоких водоразделов в интервале 0-40 м, в среднем 20-35 м. Абсолютные отметки кровли в среднем составляют +140 -+160м.

Ввиду того, что в кровле горизонта залегают глины, а подстилающие отложения представлены, в основном, проницаемыми породами, он имеет низкую водообильность. Удельные дебиты водопунктов составляют 0,01-0,1 дм³/с. Коэффициент фильтрации по единичным данным 0,05-0,5 м/сут. Воды горизонта преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые, кальциевые с минерализацией 0,1-0,8 г/дм³, от мягких до слабо жестких (величина общей жесткости до 4,8 мг-экв/дм³). Активная реакция водной среды нейтральная, слабо щелочная - рН от 6,9 до 7,9.

Воды горизонта устойчивы к загрязнению, но в отдельных пробах обнаружено повышенное содержание титана – 0,34 мг/дм³ при ПДК 0,1 мг/дм³. Это объясняется наличием в подошве титаноносного "хоперского" горизонта. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Дренируется горизонт глубокими оврагами и балками. Происходит также нисходящая разгрузка воды в нижележащие горизонты. Воды горизонта используются в весьма малом объеме единичными колодцами и родниками [8].

Слабоводоносный каневско-бучакский терригенный горизонт ($\mathcal{E}_2^{1-2}кп-бс$) распространен почти повсеместно, отсутствуя лишь в пределах глубоко врезуемых долин рек и крутых балок. Водовмещающими породами служат пески, песчаники с редкими, маломощными прослоями глин. Мощность горизонта достигает 28 м, составляя в среднем 10-20 м. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород варьирует в пределах 0,3-0,9 м/сут. На дневную поверхность описываемый горизонт выходит в глубоких балках и речных долинах, на большей же части своего распространения он перекрыт вышележащими подразделениями. Преобладающие глубины залегания кровли горизонта составляют от 14 до 25 м, на абсолютных отметках +140-+180 м. Горизонт имеет различную водообильность, связанную с литологическим составом водовмещающих пород и эрозионным расчленением рельефа. Удельный дебит водопунктов варьирует в пределах 0,05-0,2 дм³/с, в среднем 0,09-0,1 дм³/с. Дебит родников достигает 2 дм³/с.

В кровле горизонта залегают киевские глины, поэтому в единичном случае зафиксирован напор 2,5 м. Подстилают горизонт глины вешенской свиты. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков в местах выхода горизонта на дневную поверхность. Разгрузка вод происходит так-

же в глубоких эрозионных врезках в виде родников и мочажин. Воды горизонта используются населением в редких случаях колодцами и родниками.

Водоупорный, локально слабоводоносный киевско-дерезовский терригенный горизонт ($\mathcal{E}_2^{2-3}кв-др$). Горизонт распространен на водораздельных пространствах. Водовмещающими породами являются пески, залегающие линзами и прослоями и являющиеся резко подчиненными в своем распространении относительно глин. Мощность горизонта достигает 28 м, в основном же варьирует от 18 до 24 м. Коэффициент фильтрации его очень сильно изменчив и зависит от состава пород - от 0,001 м/сут в глинах, до 2,4 м/сут в песках. Воды горизонта безнапорные, так как водоупорного перекрытия не имеют. Нижним водоупором служат собственные глинистые разности пород. Химический состав по единичным данным сульфатно-гидрокарбонатный с минерализацией 1,3 г/дм³. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка - в эрозионных врезках в виде родников. Ввиду ограниченности обводненных песчаных прослоев киевско-дерезовский терригенный горизонт в водоснабжении не используется [8].

Слабоводоносный кантемировский терригенный горизонт ($\mathcal{E}_3кт$) распространен на ограниченной территории. Почти по всей площади распространения его породы залегают под моренными и покровными суглинками, глинами и подстилаются киевскими глинами. Сложен горизонт песками, в различной мере глинистыми, мощностью не более 10 м. Коэффициент фильтрации составляет 0,4-1,0 м/сут. Кровля горизонта залегает на глубине 5-12 м на абсолютных отметках +200 - +225 м. Его воды безнапорные, единичный удельный дебит составил 0,01 дм³/с. Дебиты родников варьируют в интервале 0,02-0,7 дм³/с.

Воды горизонта пресные гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0,7-1,2 г/дм³ от очень мягких до жестких. Питание их происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и за счет перетока вод из вышележащих подразделений. Разгрузка происходит в виде родников и мочажин. Из-за своего ограниченного распространения и слабой водообильности горизонт практического значения не имеет и используется весьма ограниченно, в основном единичными колодцами [4, 8].

Проницаемый неводоносный (сдренированный) палеогеновый терригенный горизонт (\mathcal{P}). Включает сдренированные отложения палеогена мощностью 40-55 м (см. рис. 2а, 2б). Породы горизонта залегают на глубинах до 30 м, абсолютные отметки изменяются от +136 до +225 м. Горизонт представлен песками с прослоями песчаников и глин. Водоупорные прослои здесь практически отсутствуют - киевские слои представлены алевритами или, большей частью, песками с маломощными прослоями песчаных глин. На поверхность горизонт выходит в глубоких эро-

зионных врезях. На плоских склонах и водоразделах он перекрыт моренными и покровными суглинками, подстилается меловыми карбонатными и терригенными отложениями.

Неогеновый водоносный комплекс

Водоносный неогеновый аллювиальный горизонт (N) широко развит в северной части района, протягиваясь широкой полосой субмеридионального направления.

Горизонт гидравлически тесно связан с вышележащими аллювиальными горизонтами и имеет, как правило, единый уровень, залегающий на глубинах от 1 до 81 м, в среднем 10-50 м, на абсолютных отметках +71 - +97 м. Кровля же горизонта установлена на глубинах от +10 до +89 м, в среднем +20 - +35 м, на абсолютных отметках +70 - +85 м. Там, где вышележащие аллювиальные отложения отсутствуют и горизонт перекрыт слабопроницаемыми слоями, воды приобретают напор, достигающий 25 м над кровлей. Мощность горизонта зависит от слагающей его свиты и варьирует в пределах 2,3-64 м. Коэффициент фильтрации изменяется в самых широких пределах от 0,4 до 55,4 м/сут, в среднем 1,7 м/сут; водообильность горизонта увеличивается от бортовых частей горизонта к центру.

Удельный дебит водопунктов в зависимости от местоположения изменяется от 0,02 до 1,6 $\text{дм}^3/\text{с}$. Воды горизонта весьма пресные и пресные с минерализацией 0,2 - 0,8 $\text{г}/\text{дм}^3$, но в местах тектонических нарушений и маломощных водоупорных отложений в кровле девона, где создается подток высокоминерализованных вод с глубины, они становятся слабосолоноватыми с минерализацией до 2 $\text{г}/\text{дм}^3$. В таких местах химический состав, как правило, смешанный хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый, магниевый-кальциевый-натриевый. Воды умеренно жесткие и очень жесткие (величина общей жесткости 4,8-16,6 мг-экв/ дм^3 , карбонатной - 4,8-6,4 мг-экв/ дм^3). Среда нейтральная, слабо щелочная pH 6,9-7,9 м^3 . Воды горизонта лишь на той части распространения, где они перекрыты слабопроницаемыми отложениями, устойчивы к загрязнению. На остальной части, где перекрывающие слои представлены четвертично-неогеновыми песчаными аллювиальными отложениями, горизонт не защищен. Содержание нитратов и нитритов не превышает ПДК. Отмечено повышенное содержание железа до 0,8 мг/ дм^3 . Питание горизонта осуществляется большей частью за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетока из вышележащих подразделений. Местами осуществляется подток глубоких минерализованных вод, о чем свидетельствует наличие хлоридов (до 505 мг/ дм^3).

Воды горизонта являются основными для водоснабжения района. На нем базируется водоснабжение г. Новохоперска.

Водоносный, локально слабоводоносный неоген-нижнечетвертичный, аллювиальный горизонт (a1). Горизонт достаточно широко распространен в север-

ной части никеленосного района. В состав горизонта входят аллювий ильинской свиты и отложения эоплейстоцена. Горизонт сложен песками, реже алевритами, в кровле - глинами, суглинками. Мощность его изменяется от долей метра до 38 м, в среднем составляя 15-20 м. Коэффициент фильтрации пород горизонта изменяется в пределах 0,05- 45,4 м/сут, средние величины 1,2-1,5 м/сут. Кровля описываемого подразделения залегает на глубине 2,6-60 м, в среднем 15-40 м, абсолютные высоты ее колеблются в пределах +61,5 - +117 м, преобладают +70 - +95 м. Водоупорного основания горизонт не имеет. В подошве его залегают неогеновые, реже меловые подразделения, с которыми он имеет стабильную гидравлическую связь и единый уровень. Водоупорным перекрытием служат суглинки и глины донской морены. Местами, на участках наиболее глубоких эрозионных врезях, горизонт залегает первым от поверхности.

Неоген-нижнечетвертичный горизонт, как правило, содержит безнапорные воды, но местами напор достигает 24,0 м. Удельные дебиты водопунктов изменяются в широких пределах 0,01-4,15 $\text{дм}^3/\text{с}$, в среднем 0,1-0,8 $\text{дм}^3/\text{с}$. Так как подошва подразделения залегает ниже речной сети, выявлен один родник с дебитом 0,5 $\text{дм}^3/\text{с}$. Воды горизонта преимущественно гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, смешанные кальциево-натриевые, магниевый-кальциевый, магниевый-натриево-кальциевый, с минерализацией 0,6-3,1 $\text{г}/\text{дм}^3$ в среднем 0,6-1,0 $\text{г}/\text{дм}^3$. Общая жесткость изменяется от 3,4 до 24,7 мг-экв/ дм^3 , среда нейтральная, слабо щелочная (pH 6,9-8,0). Воды горизонта в целом устойчивы к загрязнению благодаря наличию перекрывающего водоупора. Питание горизонта осуществляется большей частью в долинах рек за счет перетока вод из вышележащих подразделений при отсутствии перекрывающего водоупора. Разгрузка происходит, в основном, в нижележащие гидрогеологические подразделения.

Воды неоген-нижнечетвертичного горизонта, совместно с водоносным неогеновым аллювиальным горизонтом на территории их совместного распространения, являются основными для хозяйственно-питьевого водоснабжения [8, 9].

Водоупорный, локально слабоводоносный плиоцен-среднечетвертичный элювиальный, делювиальный и ледниковый горизонт (e,d,gN₂-II). Горизонт сложен глинами, суглинками с редкими линзами песка (см. рис. 2а, 2б). Он широко распространен в пределах никеленосного района на водоразделах и их склонах. Мощность моренных суглинков и глин изменяется от первых метров до 67 м, составляя в среднем 5-15 м. Кровля горизонта залегает на глубинах от 0 до 47,5 м, с преобладающими глубинами 4-10 м. Абсолютные отметки также весьма разнообразны - от +125 м в понижениях рельефа до +205 м на высоких водоразделах. Плотные ледниковые образования сами по себе служат нижним водоупором. В местах, где разрез полностью сложен такими обра-

зованиями, горизонт является водоупорным. На других участках своего распространения, как правило, горизонт имеет единый уровень с вышележащими отложениями. Мощность обводненных участков не превышает 10 м, чаще всего составляет первые метры.

Обводненные отложения описываемого подразделения имеют низкую водообильность. Удельные дебиты водопунктов варьируют в широких пределах – от 0,001 до 0,46 дм³/с, дебит родников здесь составляет 0,007-0,5 дм³/с.

Коэффициент фильтрации водовмещающих пород зависит от их литологического состава и изменяется от 0,001 м/сут в глинах до 1,0 м/сут в песках. По химическому составу воды имеют весьма разнообразный состав. Преобладают сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, смешанные магниевые-кальциевые, кальциевые-натриевые, натриево-магниевые воды с минерализацией 0,2-5,2 г/дм³. Пресные воды имеют резко подчиненное значение, чаще всего минерализация составляет 1-2 г/дм³. Воды горизонта в общем очень жесткие (10-20 мг-экв/дм³). Среда меняется от нейтральной до умеренно-щелочной (рН 7,0-8,6). Как и все вышеописанные подразделения, горизонт легко подвержен загрязнению, но в отличие от них он имеет собственный нижний водоупор. Поэтому в них аккумулируются те вредные вещества, которые поступают с поверхности. Так, содержание нитратов в воде чаще всего превышает ПДК и достигает 55-70 мг/дм³.

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в эрозионных врезках в виде родников и мочажин. Воды широко используются совместно с вышележащими отложениями, для водоснабжения сельских поселений.

Четвертичный водоносный комплекс

Слабоводоносный, локально водоносный донской водно-ледниковый горизонт (f,lg³Ids). Горизонт развит на водоразделе рек Савала и Елань, а также фрагментарно на правом берегу р. Елань и в юго-восточной части района. Он приурочен к водно-ледниковым и озерно-ледниковым отложениям времени отступления ледника. Горизонт представлен в различной степени песками, супесями и суглинками. Мощность горизонта от 2,1 до 10,5 м, в среднем 4-9 м. Коэффициент фильтрации водовмещающих пород изменяется от 0,03 до 18,0 м/сут., составляя в среднем 0,5-1,5 м/сут. Кровля горизонта залегает на глубине 1-14,5 м, абсолютные отметки колеблются в пределах +120 - +157 м, составляя в среднем +125 - +145 м. В основании описанного подразделения залегают отложения донской морены. По всей площади своего распространения описанный горизонт, имеет стабильную гидравлическую связь с перекрывающими его четвертичным почвенно-лессовым и делювиальным горизонтами.

Горизонт содержит в основном безнапорные воды, но местами наблюдается местный напор, достигающий 5,1 м. Вдоль границ распространения горизонта и местах вскрытия эрозионными врезками наблюдаются родники и мочажины, дебит в которых варьирует в пределах 0,01-0,2 дм³/с. Удельный дебит водопунктов изменяется в широких пределах от 0,001 до 0,54 дм³/с. Водообильность значительно повышается на участках развития потокового и зандрового флювиогляциала, представленного песками с гравием.

Воды горизонта преимущественно гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные, реже сульфатные магниевые-кальциевые, кальциевые, натриево-магниевые, с минерализацией 0,2-2,0 г/дм³. Воды от умеренно жестких до очень жестких, величина жесткости изменяется от 3,29 до 26,93 мг-экв/дм³. Реакция воды слабощелочная (рН 7,1-8,95). Воды горизонта легко загрязняются с поверхности, о чем свидетельствует повышенное содержание нитратов по многим водопунктам, достигающие, 380 мг/дм³. Железо практически отсутствует или его содержание не превышает ПДК.

Питание горизонта осуществляется, в основном, за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка - в эрозионных врезках в виде мочажин, родников, частично - в нижележащие подразделения. Воды описываемого горизонта широко используются населением колодцами и частными мелкими скважинами.

Химический состав подземных вод Новохопёрского рудного района приведен в таблице 1.

Водоносный среднечетвертичный аллювиальный горизонт (aII). Горизонт включает обводненные аллювиальные отложения третьей и четвертой надпойменных террас. Указанные отложения распространены на водоразделе рек Савала и Хопер, протягиваясь широкой полосой субмеридионального простирания и фрагментарно в восточной и юго-восточной частях района. Водовмещающими породами являются пески в основном среднезернистые с прослоями супесей, суглинков в кровле. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,8 до 17 м/сут, в среднем 1,1-2,5 м/сут. Максимальная мощность горизонта 10 м, в среднем колеблется от 1 до 5 м. Горизонт содержит безнапорные воды со свободным уровнем на глубине от 1 до 26 м (преобладает 8-15 м). Абсолютные отметки уровней колеблются от +100 до +150 м (в среднем +110-130 м).

Химический состав вод горизонта преимущественно гидрокарбонатный, реже сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый, магниевый-натриевый, кальциевый-магниевый с преобладающей минерализацией 0,4-0,8 г/дм³, в отдельных водопунктах она достигает 2,8 г/дм³. Среда умеренно кислая, нейтральная до слабощелочной (рН 6,6-8,5). Железо и другие тяжелые металлы присутствуют в допустимых пределах.

Таблица 1

Таблица результатов химического анализа подземных вод Новохопёрского рудного района

№ п/п	Форма выражения анализа	Ионная часть (катионы, мг/дм ³)												Жёсткость общая	pH	Окисляемость, мг/дм ³
		Na ⁺	K ⁺	NH ⁴⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe общ.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻			
Водоносный локально слабодонасный готеривский терригенный комплекс (K1g)																
1	мг/дм ³	28	4	1	62	12	0,08	12	17	нет	нет	293	нет	4,10	7,44	0,74
	мг-экв	1,19	0,10	0,04	3,10	1,00	---	0,35	0,34	нет	нет	4,80	нет			
	% мг-экв	22	2	1	57	18	---	6	6			88				
Водоносный апт-сеноманский терригенный горизонт (K1a-s)																
2	мг/дм ³	54	2	0,12	62	45	0,41	67	95	0,54	нет	348	нет	6,79	6,72	2,1
	мг-экв	2,35	0,05	---	3,09	3,70	0,02	1,89	1,97	0,01	нет	5,70	нет			
	% мг-экв	26	---	---	34	40	---	20	20	---		60				
Водоупорный локально слабодонасный киевско-дерезовский терригенный комплекс (P22-3kv-dz)																
3	мг/дм ³	230	1	нет	58	29	0,1	24	210	22	нет	622	нет	5,28	8,15	5
	мг-экв	100	0,03	нет	2,89	2,39	0,01	0,68	4,40	0,36	нет	10,20	нет			
	% мг-экв	65	---		19	16	---	4	28	2		66				
Водоносный неогеновый аллювиальный горизонт (N)																
4	мг/дм ³	70	1	нет	12	18	0,7	7	12	2,8	0,2	250	24	2,08	8,98	0,3
	мг-экв	3,04	0,03	нет	0,60	1,48	0,04	0,20	0,24	0,05	---	4,10	0,80			
	% мг-экв	59	---		12	29	---	4	4	1	---	76	15			
Водоносный локально слабодонасный плиоцен-среднечетвертичный элювиальный, делювиальный и ледниковый комплекс (e, d, gN2-II)																
5	мг/дм ³	342	1	0,04	29	30	0,55	25	173	10	нет	897	15	3,92	7,39	1,9
	мг-экв	14,90	0,03	---	1,45	2,47	0,03	0,71	3,59	0,16	нет	14,70	0,50			
	% мг-экв	79	---	---	8	13	---	4	18	---		75	3			
Слабодонасный, локально водонасный донской водно-ледниковый горизонт (f, lgslds)																
6	мг/дм ³	10	1	нет	30	71	0,1	17	78	32,7	0,01	342	нет	7,34	7,4	1,4
	мг-экв	0,43	0,03	нет	1,5	5,84	0,01	0,48	1,62	0,53	---	5,61	нет			
	% мг-экв	6	---		19	75	---	6	20	6	---	68				
Водоносный среднечетвертичный аллювиальный горизонт (aII)																
7	мг/дм ³	28	11	0,18	116	45	0,19	46	94	20	0,15	381	нет	8,60	7,35	8,8
	мг-экв	1,22	0,29	0,01	5,80	2,80	0,01	1,30	1,95	0,32	---	6,25	нет			
	% мг-экв	12	3	---	57	28	---	13	20	3	---	64				
Водоносный верхнечетвертичный аллювиальный горизонт (aIII)																
8	мг/дм ³	11	1	1,30	57	9	2,8	11	77	нет	нет	140		3,58	7,45	2
	мг-экв	0,48	0,03	0,07	2,84	0,74	0,16	0,31	1,61	нет	2,29	55				
	% мг-экв	11		2	66	17	4	7	38							
Периодически слабодонасный четвертичный почвенно-лессовый и делювиальный горизонт (pr, dI-II)																
9	мг/дм ³	48	0,5	нет	79	98	нет	41	153	146	0,18	455	нет	12	7,43	5,8
	мг-экв	2,1	0,01	нет	3,94	8,06	нет	1,16	3,19	2,36	---	7,46	нет			
	% мг-экв	15	---		28	57		7	23	17	---	53				
Водоносный, локально слабодонасный современный аллювиальный горизонт (aIV)																
10	мг/дм ³	85	1	0,03	88	28	0,08	31	187	5,8	нет	372	нет	6,69	7,55	1,9
	мг-экв	3,69	0,03	---	4,39	2,3	---	0,87	3,89	0,09	нет	6,1	нет			
	% мг-экв	35	---	---	43	22	---	8	36	---		56				

В санитарном отношении горизонт неблагоприятен, так как подвержен загрязнению (содержание нитратов в отдельных случаях достигает 320 мг/дм^3). Воды горизонта, ввиду его малой мощности, практически не используются для водоснабжения [8].

Проницаемый неводоносный (сдренированный) среднечетвертичный аллювиальный горизонт (aII). Он имеет ограниченное распространение в северо-западной части района, протягиваясь неширокой полосой (до 2-2,5 км) вдоль левого борта р. Елань.

Горизонт приурочен к сдренированным отложениям третьей и четвертой надпойменных террас. Он представлен мелкозернистыми песками с подчиненными прослоями глин и суглинков мощностью от 0,5 до 6 метров. Абсолютные отметки кровли варьируют в интервале +128-+132 м. Горизонт подстилается нижнечетвертичным аллювием или донскими моренными отложениями.

Водоносный верхнечетвертичный, аллювиальный горизонт (aIII). Включает обводненные аллювиальные отложения первой и второй надпойменных террас. Горизонт широко развит в северо-восточной части района.

Водовмещающими породами являются разнородные пески с гравием и галькой в основании и прослоями супесей, суглинков и глин в кровле. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,1 до 9,0 м/сут. Средняя мощность горизонта составляет 14 м. Он содержит безнапорные воды со свободным уровнем на глубине от 1 до 27 м (преобладает 6-15 м). Глубины залегания уровня грунтовых вод уменьшаются от более высоких террас к более низким. В местах близкого залегания грунтовых вод к поверхности они вызывают заболачивание. Абсолютные высоты уровней колеблются от +75 до +100 м. Горизонт при отсутствии водоупорного основания часто имеет единый уровень с нижележащими подразделениями.

Водообильность горизонта незначительна. Удельные дебиты водопунктов колеблются от 0,04 до 1,4 $\text{дм}^3/\text{с}$. Дебиты родников - 0,01-0,4 $\text{дм}^3/\text{с}$.

Химический состав вод горизонта довольно разнообразен. Преобладают воды сульфатно-гидрокарбонатного, смешанного и гидрокарбонатного кальциево-натриевого, кальциево-натриево-магниевого состава с минерализацией от 0,1 до 3,0 г/дм^3 (преобладает 0,3-0,5 г/дм^3). Общая жесткость изменяется в широких пределах от 3,22 до 22,08 мг-экв/дм^3 , карбонатная от 3,22 до 7,1 мг-экв/дм^3 ; среда умеренно кислая, нейтральная, слабощелочная (рН - 6,1-8,2), железо, как правило, присутствует в допустимых пределах, но по отдельным водопунктам его содержание увеличивается до 5 мг/дм^3 [4].

В санитарном отношении горизонт неблагоприятен, так как подвержен значительному загрязнению. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, перетекания из смежных подразделений, разгрузка - в нижележащие горизонты.

Воды описанного горизонта широко используются для мелкого водоснабжения колодцами и частными скважинами для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Верховодка - периодически слабоводоносный четвертичный почвенно-лессовый и делювиальный горизонт (pr, dI-IV). Горизонт верховодки широко распространен в пределах никеленосного района, покрывая практически сплошным чехлом водораздельные пространства и склоны в области распространения ледниковых, водно-ледниковых образований, аллювиальных и озерных отложений, отсутствуя на поймах и нижних террасах. Горизонт повсеместно залегает первым от поверхности и имеет тесную гидравлическую связь и единый уровень с подстилающими гидрогеологическими подразделениями. Водовмещающими породами являются суглинки, глины, часто легкие, пористые, лёссовидные с гнездами и линзами песков, супесей с коэффициентом фильтрации от 0,03 до 3,4 м/сут, чаще всего 0,1-0,9 м/сут.

Мощность горизонта изменяется от долей метра до 8,26 м, составляя в среднем 4,5-6,0 м. На всей площади своего распространения он содержит безнапорные воды на глубине 0,0-14,5 м, в среднем 2,0-5,0 м. Абсолютные высоты уровней изменяются от +85 м (в понижениях рельефа, в прибортовых частях долин) до +220 м (на самых высоких водоразделах). Зеркало вод горизонта чаще всего в сглаженной форме повторяет рельеф поверхности земли.

Водообильность четвертичных отложений невелика. Удельные дебиты водопунктов не превышают 0,32 $\text{дм}^3/\text{с}$, дебиты родников составляют 0,002-0,2 $\text{дм}^3/\text{с}$.

По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные магниевые-кальциевые, кальциево-натриевые от пресных до солоноватых с минерализацией от 0,4 до 7,8 г/дм^3 (преобладает 1-2 г/дм^3). Общая жесткость вод горизонта изменяется в пределах от 0,79 до 39,5 мг-экв/дм^3 , активная среда варьирует от нейтральной до умеренно щелочной. Воды горизонта легко подвержены загрязнению с поверхности [4].

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Разгрузка происходит в эрозионных врезах в виде родников и мочажин и в нижележащие отложения. Часть воды расходуется на испарение и транспирацию. Распространение, количество и химический состав вод находятся в тесной зависимости от климатических факторов. В период весеннего снеготаяния происходит интенсивная инфильтрация и резкое повышение уровня с понижением температуры вод и уменьшением минерализации. В засушливые летние периоды года вследствие интенсивного испарения происходит некоторое увеличение минерализации вод, что местами приводит к возникновению солончаков, или понижению уровня воды ниже подошвы, то есть осушению.

Воды четвертичного горизонта широко использу-

ются для водоснабжения колодцами и частными скважинами.

Водоносный, локально слабодоносный современный аллювиальный горизонт (aIV). Горизонт приурочен к пойменным русловым аллювиальным и озерно-болотным отложениям, которые широко распространены в долинах рек Хопер, Савала, Елань, их притоков и в днищах балок и оврагов. Ширина распространения горизонта изменяется от первых метров (в пределах балок) до 6 км в долинах рек. Водовмещающие отложения - разнородные кварцевые пески, вверх по разрезу сменяющиеся суглинками и глинами (см. рис. 2а, 2б). В основании пески грубозернистые с гравием и галькой. На заболоченных участках илистые и гумусированные глины, пески. Водопроницаемость зависит от состава водовмещающих пород и изменяется в значительных пределах от 0,44 до 30 м/сут, составляя в среднем 0,5-8,8 м/сут. Средняя мощность горизонта в долинах крупных рек 15 м, в долинах их притоков и балках от десятков сантиметров до 3-5 м. Водоносный горизонт повсеместно залегает первым от поверхности и не имеет постоянного водоупорного перекрытия, но глины и суглинки в кровле аллювия залегают часто. Нижний водоупор также развит повсеместно, лишь в случае наличия пойменных нижне-четвертичных и неогеновых или меловых глин [4].

Воды горизонта безнапорные, их преобладающая глубина залегания 1-6 м. Исключения составляют те случаи, когда в кровле горизонта залегают глины и создается местный напор. Абсолютные высоты уровней изменяются в пределах +75 м (поймы крупных рек) - +160 м (балки). Водообильность горизонта различна, удельные дебиты водопунктов изменяются от 0,03 до 1,6 $\text{дм}^3/\text{с}$. Дебиты родников незначительны.

Химический состав вод горизонта пестрый. Причиной этому является то, что горизонт гидравлически связан со многими нижележащими подразделениями и является первым от поверхности без надежного водоупорного перекрытия. По составу воды чаще гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, смешанные, гидрокарбонатно-сульфатные, гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые, магниевые-кальциевые, реже магниевые-кальциевые-натриевые с общей жесткостью от 4,02 до 41,19 мг-экв/ дм^3 , от нейтральной до весьма щелочной реакции (рН от 6,3 до 11), но чаще среда нейтральная или слабощелочная. Воды горизонта пресные с преобладающей минерализацией 0,4-0,7 г/ дм^3 . Содержание микрокомпонентов, как правило, не превышает ПДК.

Воды горизонта подвержены загрязнению, как с поверхности путем инфильтрации поверхностных вод и атмосферных осадков, так и снизу по каналам разрывных нарушений. Питание горизонта осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков, поверхностных вод и подтока из нижележащих гидрогеологических подразделений. Дренажуются горизонт реками Хопер, Савала, Елань.

Воды горизонта широко используются местным населением для хозяйственных и питьевых нужд ко-

лодцами и частными скважинами, а также совместно с водоносным неогеновым аллювиальным горизонтом эксплуатируется для водоснабжения пос. Елань-Коленовский и г. Новохоперск.

Резюме

Водоносные горизонты мезозоя и кайнозоя Новохоперского никеленосного района, приуроченные к северо-западной периферии Волжско-Хоперского артезианского бассейна, испытывают заметные вариации по содержанию основных типобразующих компонентов и гидрогеохимических показателей, не выходящих, однако, за пределы санитарно-гигиенических показателей, определяющих принадлежность к группе вод хозяйственно-питьевого назначения.

Подземные воды мелового комплекса отличаются достаточно надежной естественной защищенностью от загрязнения и имеют преимущественно сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав и отличаются слабощелочной активной реакцией.

Воды палеогена также устойчивы к загрязнению, однако, в отдельных участках отмечается повышенное содержание тяжелых металлов, что является следствием наличия в разрезе водовмещающего титаносного «хоперского» горизонта.

Подземные воды неогенового комплекса устойчивы к загрязнению благодаря наличию мощного перекрывающего водоупора и являются основными в совокупности с водами нижнечетвертичного горизонта для хозяйственно-питьевого водоснабжения района.

Прослежена эволюция химического состава подземных вод мезозоя и кайнозоя, проявляющаяся в закономерной смене хлоридно-сульфатных магниевых-кальциевых вод готеривско-аптских терригенных горизонтов нижнего мела сульфатно-гидрокарбонатными неоген-четвертичными подземными водами. В этом же направлении происходит снижение жесткости, минерализации и незначительное повышение щелочности водной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров, В. Л. К проблеме экологической геохимии бассейна Среднего Хопра / В. Л. Бочаров, М. Н. Бугреева, О. А. Бабкина // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2001. – Вып. 11. – С. 236-244.
2. Бочаров, В. Л. Гидрогеоэкологические проблемы при освоении сульфидных медно-никелевых месторождений Воронежского кристаллического массива / В. Л. Бочаров, Л. Н. Строганова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2015. – № 1. – С. 125–127.
3. Чернышов, Н. М. Еланский тип сульфидных медно-никелевых месторождений и геолого-генетическая модель их формирования (Центральная Россия) / Н. М. Чернышов // Геология рудных месторождений, 1995. – Т.37. – №3. – С. 220 – 236
4. Бочаров, В. Л. Проблемы изучения и использования ресурсов подземных питьевых вод Воронежской области / В. Л. Бочаров, Л. Н. Строганова, Е. С. Овчинникова // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2010. – №1. – С. 243-251.

5. Бочаров, В. Л. Минеральные воды Дон-Хоперского междуречья / В. Л. Бочаров, А. Я. Смирнова, О. А. Бабкина // Гидрогеология сегодня и завтра: наука, образование, практика. – М.: Изд-во МАКС – Пресс, 2013. – С. 71-76.
6. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко. – Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 12. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2002. – 165 с.
7. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. ГОСТ 2874–82. М – 102 с.
8. Смирнова, А. Я. Экология подземных вод бассейна Верхнего Дона / А. Я. Смирнова, А. И. Бородин. - Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2007. - 186 с.
9. Холмовой, Г. В. Неогеновые и четвертичные отложения Среднерусской возвышенности / Г. В. Холмовой, Б. В. Глушков // – Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 1. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2000. – 220 с.

Воронежский государственный университет

Бочаров Виктор Львович, доктор геолого - минералогических наук , профессор , заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Тел .: 8(473)220-89-80

Бабкина Ольга Алексеевна, ассистент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Тел .: 8(473)220-89-80

Строганова Людмила Николаевна, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Тел .: 8(473)220-89-80

Дешевых Галина Юрьевна, ассистент кафедры гидрогеологии , инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Тел .: 8(473)220-89-80

Устименко Юрий Алексеевич, ассистент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Тел .: 8(473)220-89-80

Voronezh State University

Bocharov V. L., Doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Tel.: 8(473)220-89-80

Babkina O. A., Assistant of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Tel.: 8(473)220-89-80

Stroganova L. N., Associate Professor of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Tel.: 8(473)220-89-80

Deshevykh G. Yu., Assistant of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Tel.: 8(473)220-89-80

Ustimenko Yu. A., Assistant of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair

E-mail: gidrogeol@mail.ru

Tel.: 8(473)220-89-80