

ВЛИЯНИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОГО РАЙОНА КМА

В. Л. Бочаров

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 20 июля 2017 г.

Аннотация: *воздействие горнодобывающих предприятий на подземные воды сопровождается техногенной метаморфизацией водной среды, которая наиболее отчетливо проявляется в гидрогеодинамике водоносных горизонтов и качественном составе подземных вод. Вследствие нарушения естественной защищенности подземных вод формируется своеобразная техногенно-природная гидрогеохимическая провинция железо-марганцевой специализации, характерная для крупных горнодобывающих регионов.*

Ключевые слова: *артезианский бассейн, водоносный горизонт, водоупор, химический состав подземных вод, уровень подземных вод, Лебединский ГОК, Стойленский ГОК, Курская магнитная аномалия, защищенность подземных вод.*

**THE IMPACT OF MINING ON GROUNDWATER
STAROOSKOL-GUBKINSKY DISTRICT OF THE KMA**

Abstract: *the impact of mining on underground water is accompanied by a man-made metamorphosis of mountain environment, which is most clearly manifested in hydrogeodynamika aquifers and qualitative composition of underground waters. Due to the disruption of the natural protection of underground waters formed a kind of technogenic and natural hydrogeochemical province of iron-manganese specialization characteristic of large mining regions.*

Key words: *artesian basin, aquifer, confining horizon, the chemical composition of groundwater, groundwater level, Lebedinsky GOK, Stoylensky GOK, Kursk magnetic anomaly, the protection of groundwater.*

Горнопромышленный район Курской магнитной аномалии (КМА) в схеме гидрогеологического районирования Русской платформы расположен на стыке двух крупных артезианских бассейнов: Московского и Донецко-Донского. Центральная часть района, совпадающая со сводом Воронежского поднятия, находится в области питания артезианских бассейнов, от которой крутое юго-западное погружение водоносных горизонтов переходит в северную краевую зону Донецко-Донского, а пологая северная и северо-восточная – в зону Московского артезианского бассейна [1,2].

На территории КМА выделяют три крупных района эксплуатируемых месторождений железных руд: Старооскольско-Губкинский, Курско-Орловский и Белгородский, которые в большом объеме используют подземные воды как для технических, так и хозяйственно-питьевых целей. В Старооскольско-Губкинском районе, расположенном в бассейне р. Оскол, основными потребителями водных ресурсов являются г. Губкин с предприятиями Лебединский ГОК, КМА-руда и г. Старый Оскол с предприятиями Стойленский ГОК и Оскольский электрометаллурги-

ческий комбинат. Значительный объем водопотребления относится к предприятиям строительной индустрии и теплоэнергетики. Для водоснабжения промышленных предприятий используются наряду с подземными и поверхностные воды Старооскольского водохранилища [2,3,4].

Подземные воды содержатся как в отложениях осадочной толщи, так и в зоне трещиноватости докембрийских кристаллических пород. Обводненная толща пород находится в зоне активного водообмена и гидравлически связана с поверхностными водотоками. Питание подземных вод осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, разгрузка – в дренажные системы карьеров, водозаборы и речную сеть.

В зависимости от условий формирования, взаимосвязи, стратиграфической принадлежности в пределах самого крупного в России Лебединского месторождения железных руд и прилегающей территории выделяются десять водоносных горизонтов и комплексов и три разделяющих водоупорных горизонта [5,6,7]. Водоупорные породы представлены глинистыми образованиями киевской свиты палеогена, юрской и де-

вонской систем [8].

В пределах района работ выделяют два водоносных комплекса: верхний и нижний, разделенные водоупорной толщей глин юрского возраста.

К верхнему водоносному комплексу относятся современный аллювиальный и средне-верхнечетвертичный водоносные горизонты, харьковско-полтавский, турон-коньякский, альб-сеноманский и неоком-аптский водоносные горизонты. Нижний водоносный комплекс объединяет юрский, каменноугольный, средне-верхнедевонский и архей-протерозойский (руднокристаллический) водоносные горизонты [9, 10]. Средний химический состав водоносных горизонтов приведен в таблицах 1 и 2.

Современный аллювиальный водоносный горизонт (aIV) является первым от поверхности горизонтом. Он распространен в поймах рек и тальвегах крупных оврагов и балок, приурочен к разнозернистым пескам. Водоносная толща залегает на мелах турон-коньякского и песках альб-сеноманского водоносных горизонтов, вследствие чего подземные воды этих

горизонтов имеют активную гидравлическую взаимосвязь. Уровни подземных вод отмечены на глубине 0–5 м, т.е. незначительно превышают урезы рек, что вызывает заболачиваемость почв. Коэффициент фильтрации песков изменяется, в основном, в пределах 0,1–11,2 м/сут, достигая 30,0–50,0 м/сут в долине реки Оскол. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод в период паводков.

По химическому составу подземные воды горизонта в основном гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 0,7 г/дм³.

Средне-верхнечетвертичный водоносный горизонт (aII-III) развит на надпойменных террасах реки Оскол и ее притоках и приурочен к разнозернистым пескам и супесям. Мощность обводненных отложений составляет 0,2–8,4 м. Водоносный горизонт, как правило, безнапорный. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,27 до 4,3 м/сут. Водоупорных слоев горизонт не имеет и залегает непосредственно на водоносных меловых отложениях, вследствие чего

Таблица 1

Средний химический состав подземных вод верхнего водоносного комплекса

Ингредиенты	Единицы измерений	1	2	3	4	5	6
Активная реакция	-	7,2	7,0	7,1	7,1	6,9	7,3
Азот аммиака солевого (NH ₄)	мг/дм ³	0,05	0,08	0,08	0,15	0,09	0,15
Азот азотистой кислоты (NO ₂)	мг/дм ³	0,01	0,006	0,02	0,008	0,006	0,008
Азот азотной кислоты (NO ₃)	мг/дм ³	30,0	24,5	22,5	14,4	8,6	12,5
Окисляемость (O ₂)	мг/дм ³	0,45	0,25	0,25	0,25	0,28	0,3
Минерализация (M)	г/дм ³	0,63	0,62	0,62	0,39	0,37	0,42
Жесткость общая (H)	мг-экв/дм ³	7,6	7,2	7,3	4,5	4,6	5,2
Натрий (Na)+ калий (K)	мг/дм ³	24,1	42,5	18,2	14,2	18,8	18,3
Кальций (Ca)	мг/дм ³	145,0	150,0	124,4	75,5	82,4	85,9
Магний (Mg)	мг/дм ³	15,6	12,2	15,1	12,4	12,6	14,2
Гидрокарбонаты (HCO ₃)	мг/дм ³	382,3	302,5	302,4	220,2	118,5	112,2
Сульфаты (SO ₄)	мг/дм ³	127,5	122,4	125,5	55,8	75,2	49,2
Хлориды (Cl)	мг/дм ³	20,4	21,9	19,4	10,2	9,4	24,4
Железо (Fe)	мг/дм ³	0,33	0,28	0,22	0,12	0,08	0,22
Марганец (Mn)	мг/дм ³	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04
Медь (Cu)	мг/дм ³	0,02	0,01	0,015	0,015	0,02	0,02
Ртуть (Hg)	мг/дм ³	0,005	0,003	0,001	0,003	0,003	0,003
Хром (Cr)	мг/дм ³	0,01	0,01	0,03	0,01	0,08	0,08
Цинк (Zn)	мг/дм ³	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005
Кадмий (Cd)	мг/дм ³	0,0001	не обн.	0,001	0,001	0,001	0,001
Бор (B)	мг/дм ³	0,02	0,11	0,04	0,11	0,21	0,09
Фтор (F)	мг/дм ³	0,22	0,27	0,22	0,19	0,42	0,25
Йод (I)	мг/дм ³	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002
Бром (Br)	мг/дм ³	0,08	0,18	0,09	0,11	0,18	0,015
Сероводород (H ₂ S)	мг/дм ³	0,08	0,15	0,11	0,09	0,11	0,02
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,12	0,11	0,11	0,16	0,14	0,11

Примечание: горизонты: 1 – современный аллювиальный (n=6), 2 – средне-верхнечетвертичный (n=6), 3 – харьковско-полтавский (n=8), 4 – турон-коньякский (n=14), 5 – альб-сеноманский (n=14), 6 – неоком-аптский (n=11). В скобках указано количество определений.

Таблица 2

Средний химический состав подземных вод нижнего водоносного комплекса

Ингредиенты	Единицы измерений	1	2	3	4
Активная реакция	-	6,8	6,9	7,0	6,9
Азот аммиака солевого (NH ₄)	мг/дм ³	0,05	0,06	0,1	0,08
Азот азотистой кислоты (NO ₂)	мг/дм ³	0,006	0,005	0,003	0,006
Азот азотной кислоты (NO ₃)	мг/дм ³	14,3	8,4	4,6	8,4
Окисляемость (O ₂)	мг/дм ³	0,22	0,15	0,14	0,14
Минерализация (M)	г/дм ³	0,36	0,38	0,36	0,32
Жесткость общая (H)	мг-экв/дм ³	5,05	4,6	4,8	5,0
Натрий (Na)+ калий (K)	мг/дм ³	14,6	10,7	10,6	12,1
Кальций (Ca)	мг/дм ³	92,0	95,0	84,7	80,9
Магний (Mg)	мг/дм ³	11,8	11,2	11,6	10,2
Гидрокарбонаты (HCO ₃)	мг/дм ³	186,0	280,4	240,1	284,1
Сульфаты (SO ₄)	мг/дм ³	102,6	64,4	85,5	67,2
Хлориды (Cl)	мг/дм ³	11,1	10,2	12,4	25,4
Железо (Fe)	мг/дм ³	0,08	0,09	0,08	0,12
Марганец (Mn)	мг/дм ³	0,008	0,01	0,008	0,009
Медь (Cu)	мг/дм ³	0,01	0,02	0,01	0,01
Ртуть (Hg)	мг/дм ³	0,003	0,004	0,003	0,001
Хром (Cr)	мг/дм ³	0,01	0,008	0,007	0,02
Цинк (Zn)	мг/дм ³	0,005	0,005	0,006	0,005
Кадмий (Cd)	мг/дм ³	0,001	0,001	0,001	0,001
Бор (B)	мг/дм ³	0,01	0,09	0,03	0,11
Фтор (F)	мг/дм ³	0,11	0,12	0,12	0,24
Йод (I)	мг/дм ³	0,001	0,0015	0,001	0,0015
Бром (Br)	мг/дм ³	0,14	0,15	0,14	0,14
Сероводород (H ₂ S)	мг/дм ³	0,06	0,11	0,08	0,09
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,11	0,16	0,14	0,12

Примечание: горизонты: 1 – юрский (n=8), 2 – каменноугольный (n=8), 3 – средне-верхнедевонский (n=6), 4 – архей-протерозойский (n=5). В скобках указано количество определений. Химические анализы подземных вод выполнены в лаборатории Лебединского ГОК-а(2014-2016 гг.).

подземные воды этих отложений имеют тесную гидравлическую взаимосвязь. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетекания из нижележащих водоносных горизонтов. Разгрузка вод происходит в гидрографическую сеть.

По химическому составу воды горизонта гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,4–0,6 г/дм³.

Харьковско-полтавский водоносный горизонт (P₃hr-N₁pl) развит на водораздельных пространствах в песках и алевролитах, где эти отложения не размыты. Мощность обводненной части пород не превышает 5 м. Коэффициенты фильтрации изменяются от 0,035 до 1,96 м/сут. Водоносный горизонт, как правило, безнапорный. Верхний водоупор обычно отсутствует, а нижним водоупором служат глины киевской свиты. Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков по всей площади его распространения, разгрузка происходит в гидрографическую сеть.

В химическом отношении воды горизонта гидрокарбонатные кальциевые, иногда гидрокарбонатные сульфатно-кальциевые с минерализацией 0,3–0,7 г/дм³.

Турон-коньякский водоносный горизонт (K₂t-k) распространен повсеместно, отсутствует только в долинах рек Оскол, Осколец, Убля и Котел, где меломергельные отложения размыты. Мощность горизонта увеличивается от долин рек к водоразделам в направлении общего погружения пород с северо-востока на юго-запад от нескольких метров до 80 м и более. Верхняя часть отложений дренирована реками и оврагами. Практически полностью водоносный горизонт осушен дренажными системами Стойленского и Лебединского карьеров в центральной части депрессии. Средняя мощность обводненных пород составляет 20–30 м. Водоносность меломергельных отложений определяется степенью трещиноватости в плане и разрезе. Повышенная трещиноватость отмечается в верхних частях разреза, где меломергельные породы сильно разрушены и изменены процессами выветривания. С глубиной трещиноватость горных

пород затухает. Наибольшей трещиноватостью обладают мел и мергели в долинах рек и крупных балок, наименьшая трещиноватость характерна для водораздельных пространств. Коэффициент фильтрации изменяется от сотых долей до 50 м/сут, водопроницаемость – 5,0–2500,0 м²/сут. В пределах речных долин эти параметры соответственно принимают значения 10,0–60,0 м/сут и 300,0–2500,0 м²/сут.

Питание турон-коньякского водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и перетекания из аллювиального и альб-сеноманского водоносных горизонтов.

Водоносный горизонт безнапорный, лишь в поймах рек приобретает напор до 5–15 м.

По химическому составу подземные воды гидрокарбонатные кальциевые, реже гидрокарбонатные кальциево-натриевые с минерализацией 0,3–0,6 г/дм³. Водоносный горизонт на значительной площади своего распространения является основным источником водоснабжения населения и используется совместно с альб-сеноманским водоносным горизонтом.

Альб-сеноманский водоносный горизонт (K_{1-2al-s}) приурочен к пескам мощностью 20–40 м, является наиболее выдержанным по распространению и водообильности. Коэффициент фильтрации водовмещающих песков изменяется в пределах 4,3–20,0 м/сут. Подземные воды, кроме приуроченных к речным долинам, характеризуются напорным режимом. Величина напора достигает 37 м, уменьшаясь в сторону долин рек Оскол, Осколец, а также в районе депрессионной воронки, сформировавшейся в результате работы водозаборов и дренажных систем. Залегание в кровле водопроницаемых аллювиальных и меловых отложений обуславливает гидравлическую взаимосвязь горизонта с аллювиальным и мело-мергельным горизонтами.

Питание горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также за счет перетекания из вышележащих и нижележащих водоносных горизонтов. Область питания расположена, в основном, к северу от г. Старый Оскол, где пески водоносного горизонта выходят на дневную поверхность.

Воды альб-сеноманского водоносного горизонта пресные, с минерализацией 0,3–0,6 г/дм³, по химическому составу – гидрокарбонатные кальциевые или гидрокарбонатные кальциево-натриевые. Водоносный горизонт, характеризующийся значительной водообильностью и хорошим качеством воды, служит основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Губкин и Старый Оскол.

По Старооскольско-Губкинскому железорудному району суммарный водоотбор подземных вод достиг 350 тыс. м³/сут. Вода используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения (120,6 тыс. м³/сут) и технического водоснабжения (106,4 тыс. м³/сут). Прямой сброс дренажных вод в поверхностные водотоки составляет 113 тыс. м³/сут. В то же время для технического водоснабжения горнорудных предприятий района из Старооскольского водохранилища ежедневно забирается 105 тыс. м³ свежей воды [2].

Осушение железорудных месторождений осуществляется с помощью дренажных сооружений или открытым водоотливом из карьеров через земснаряды. На Лебединском и Стойленском месторождениях понижение уровня подземных вод привело к формированию депрессионных воронок со значительным радиусом влияния. Осушение Лебединского и Стойленского месторождений, а также водоотбор действующими водозаборами вызвали падение уровней турон-маастрихтского и альб-сеноманского водоносных горизонтов вокруг дренажных комплексов (рис. 1).

В результате снижения уровня подземных вод образовалась депрессионная воронка эллипсоидной формы, вытянутая в субширотном направлении, с размерами по длинной оси до 40 км. С юга и севера депрессионную воронку окаймляют «купола растекания», то есть площади с повышенным уровнем подземных вод. Южный «купол растекания» образовался за счет инфильтрации воды из возрастающих по объему хвостохранилищ Лебединского и Стойленского ГОКов.

Несмотря на большое количество разведанных эксплуатационных запасов подземных вод, по отдельным городам отмечается их значительный дефицит. К наиболее крупным потребителям, испытывающим дефицит в разведанных запасах подземных вод, относятся города Белгород, Губкин, Старый Оскол. Дефицит в водоснабжении КМА будет постепенно восполняться за счет дополнительной разведки подземных вод, а также использования дренажных вод на разрабатываемых железорудных карьерах [10, 11].

Устойчивость водных экосистем функционально связана с естественной защищенностью водоносных горизонтов от проникновения загрязнения с поверхности Земли.

В практике научно-производственных работ по охране подземных вод предусматривается региональная оценка и картирование защищенности грунтовых и напорных вод, позволяющие прогнозировать возможность инфильтрации загрязнения и ухудшения качества вод, используемых для водоснабжения населения.

Защищенность подземных вод определяется природными факторами: глубиной залегания водоносных горизонтов от поверхности земли, присутствием в зоне аэрации слабопроницаемых отложений (супеси, легкие и тяжелые суглинки, глины), коэффициентом фильтрации которых меньше 0,1 м/сут, сорбционной способностью пород зоны аэрации [12]. Территориальный анализ факторов защищенности напорных горизонтов неогена и альб-сеномана свидетельствует о том, что по мощности водоупора и вертикальному градиенту напора подземные воды этих горизонтов принадлежат группе условно защищенных напорных вод ($5 < m_0 < 10$ м; $H_2 > H_1$).

Анализ современного состояния подземных вод Старооскольско-Губкинского железорудного района свидетельствует о том, что здесь сформировалась техногенно-природная гидрогеохимическая провинция железо-марганцевой специализации с повышенным содержанием нитратов и пониженным – галоидов.

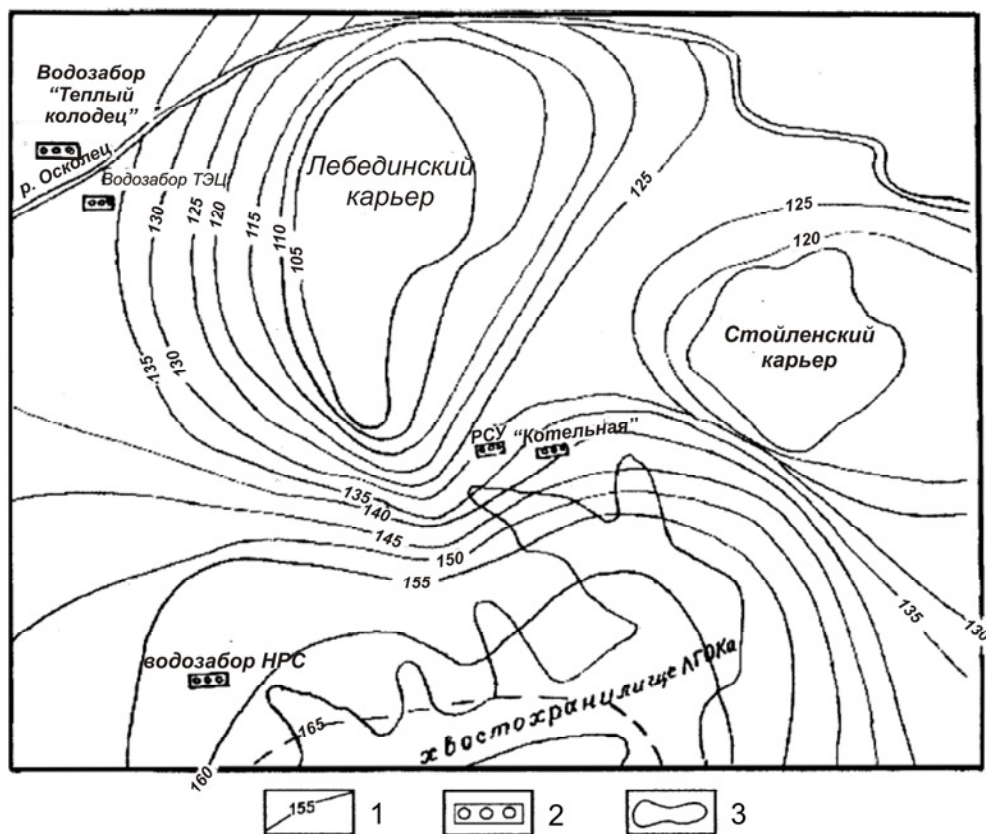


Рис. 1. Гидродинамическая схема альб-сеноманского водоносного горизонта в районе Лебединского ГОКа: 1 – гидроизогипса и ее абсолютная отметка; 2 – водозаборы; 3 – карьеры и хвостохранилище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочаров, В. Л. Экологическая гидрогеология бассейна Верхнего Оскола / В. Л. Бочаров, С. В. Дедов и др. – Труды НИИ Геологии Воронеж. гос. ун-та. Вып. 41. – Воронеж, 2006. – 87 с.
2. Бочаров, В. Л. Старооскольское водохранилище / В. Л. Бочаров, А. Я. Смирнова. – Труды НИИ Геологии Воронеж. гос. ун-та. Вып. 86. – Воронеж, 2015. – 101 с.
3. Косинова, И. И. Некоторые аспекты формирования природно-технической системы г. Старый Оскол / И. И. Косинова, В. Л. Бочаров // *Фундаментальные прикладные проблемы охраны окружающей среды. Тезисы докл. Междунар. конф.* – Томск: Томск. гос. ун-т, 1995. – с. 51–52.
4. Смирнова, А. Я. Проблемы рационального недропользования и охраны геологической среды в регионе КМА / А. Я. Смирнова, В. Л. Бочаров, В. Н. Лазаренко // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология.* – 1998– №5. – С.156–162
5. Корнилов, И. А. Оценка степени воздействия горнодобывающих предприятий КМА на гидроэкологическую ситуацию Белгородской области / И. А. Корнилов, С. Н. Колмыков, А. Н. Петин // *Горный журнал.* – 2012. – №9. – С. 29–31.
6. Бочаров, В. Л. Техногенная метаморфизация поверхностных и подземных вод в пределах железорудного горнодобывающего района / В. Л. Бочаров, И. И. Косинова // *Современные проблемы экологического состояния геологической среды Украины. Тезисы докл. Междунар. науч.-практ. конф.* – Киев, 1995. – с. 105–107.
7. Бочаров, С. В. Экологическая геохимия активных азотсодержащих солей – аммония, нитрата, нитрита – в бассейне р. Оскол (Курская, Белгородская области ЦФО) / С. В. Бочаров // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология.* – 2015– №4. – С.159–161.
8. Савко, А. Д. Геология Воронежской антеклизы / А. Д. Савко // *Труды НИИ геологии Воронеж. гос. ун-та. Сер. Геология.* Вып. 12. – 2002. – 165 с.
9. Бочаров, В. Л. Эколого-гидрогеологические условия территории КМА / В. Л. Бочаров, А. Н. Круговых // *Высокие технологии в экологии. Труды IX науч.-практ. конф.* – Воронеж: Изд-во РЦ «Менеджер», 2006. – С. 71–76.
10. Бочаров, В. Л. Признаки техногенной метаморфизации подземных вод Михайловского горнопромышленного района / В. Л. Бочаров, Ю. Е. Вершинина, Л. Н. Строгонова // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология.* – 2014– №4. – С.85–92
11. Не железом единым. Сборник статей к 65-летию геологической службы Курско-Орловского района КМА / [под ред. Е. А. Адамова.] – Курск: Курск. филиал ТФГИ по ЦФО, 2012. – 544 с.
12. Бочаров, В. Л. Геохимия стронция в подземных водах юго-западной краевой части Московского артезианского бассейна (Орловская область) / В. Л. Бочаров, К. А. Селезнев // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. : Геология.* – 2012. – № 2. – С.179–189

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

Voronezh State University
 Bocharov V.L., Doctor of the Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Chair Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology
 E-mail: gidrogeol@mail.ru; Тел.: 8(473)220-89-80