

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАССЕЙНА РЕКИ СТАНОВАЯ РЯСА (ЛИПЕЦКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**В. Л. Бочаров, О. В. Савченко**

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 25 декабря 2014 г.

**Аннотация:** в гидрогеологическом отношении бассейн р. Становая Ряса находится в юго-восточной части Московского артезианского бассейна. Подземные воды приурочены к отложениям современного четвертичного, мелового и девонского водоносных горизонтов. Возрастающая техногенная нагрузка на природную среду привела к тому, что подземные воды верхнего структурно-геологического этажа в значительной степени истощены и потеряли свои качественные характеристики. Вследствие этого важную роль для водоснабжения населения г. Чаплыгин, расположенного в бассейне р. Становая Ряса, приобретают подземные воды, и, прежде всего лебедянско-данковский водоносный горизонт. Для него рассчитаны гидрогеологические параметры и осуществлена оценка эксплуатационных запасов участка «южный» с целью обеспечения города высококачественной питьевой водой.

**Ключевые слова:** гидрогеология, артезианский бассейн, подземные воды, водоносные горизонты, гидрогеологические параметры, эксплуатационные запасы.

### **HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND ASSESSMENT OF EKPLUATATIONNY RESERVES OF UNDERGROUND WATERS OF THE RIVER BASIN STANOVAY RYASA (LIPETSK AREA)**

**Abstract:** in the hydrogeological relation the basin of the river Stanovaya Ryasa is in southeast part of the Moscow artesian basin. Underground waters are dated for deposits of the modern, quarternary, cretaceous and Devonian water-bearing horizons. The increasing technogenic load of environment led to that underground waters of the top structural and geological floor are substantially exhausted and lost the qualitative characteristics. Thereof the important role for water supply of the population Mr. Chaplygin located in the basin of the river Stanovaya Ryasa is got by underground waters, and first of all the lebedyansko-dankovsky water-bearing horizon. For it hydrogeological parameters are calculated and the assessment of operational stocks of a site "southern" for the purpose of providing the city with high-quality drinking water is carried out.

**Key words:** hydrogeology, artesian basin, underground waters, water-bearing horizons, hydro geological parameters, operational stocks.

#### **Введение**

Город Чаплыгин является административным центром Чаплыгинского района Липецкой области. Он расположен в северо-восточной части Липецкой области при слиянии рек Становая Ряса, Ягодная Ряса и Московская Ряса (бассейн р. Дон) в 70 км. к северу от областного центра г. Липецк. Население города на 2014 г. составляет 12125 человек [1].

Основную долю в промышленном производстве занимает пищевая промышленность (мукомольный, молочный, крахмальный заводы, хлебокомбинат). Другие промышленные предприятия расположены на территории особой экономической зоны регионального уровня промышленно-производственного типа «Чаплыгинская». Здесь находятся заводы водозапорной арматуры, по производству крепежных изделий, по сборке и ремонту сельскохозяйственной техники. В настоящее время ведутся работы по подготовке к

началу строительства крупнейшего в России китайского промышленного производственного кластера «Востокпром».

Чаплыгин является северными воротами Липецкой области. От города до трассы М6 «Москва-Каспий» расстояние составляет 20 км. В городе находится станция Раненбург – крупный узел Юго-Восточной железной дороги.

В связи с ростом промышленного потенциала возникла необходимость проведения детальных гидрогеологических исследований для создания новых водозаборных сооружений, которые могли бы в полной мере обеспечить водой, как промышленные предприятия, так и население.

#### **Гидрогеологические условия**

Геологическое строение территории, определяющее ее гидрогеологическую стратификацию, харак-

теризуется присутствием осадочных отложений четвертичного, мелового, каменноугольного и девонского возрастов. Весь этот комплекс осадочных отложений залегает на северо-восточном склоне кристаллического фундамента Воронежского массива [2].

В гидрогеологическом отношении территория находится в юго-восточной части Московского артезианского бассейна [3–5]. Подземные воды приурочены к отложениям четвертичного, мелового, каменноугольного и девонского возрастов. Сверху вниз выделяются: современный аллювиальный водоносный горизонт (aQIV); верхне-среднечетвертичный аллювиальный водоносный горизонт (AQIII); донская ледниковая спорадически обводненная толща (DIIdns); окско-донской водноледниковый водоносный горизонт (fTdQIok-dns); неоком-аптский водоносный горизонт (K1nc-ap); лебедянско-данковский водоносный горизонт (D3Ib-d); елецкий водоносный горизонт (D3el); задонский водоупор (D3zd).

*Современный аллювиальный водоносный горизонт.* Воды этого горизонта приурочены к надпойменным и русловым аллювиальным отложениям р. Становая Ряса. Водовмещающими породами служат разнородные, плохо сортированные пески. Мощность водоносного горизонта изменяется от 1 до 5 м. Воды безнапорные с уровнями на глубине 0–9 м; дебиты скважин меняются от 0,85 до 0,78 дм<sup>3</sup>/с, при понижениях соответственно 2,3 и 1,65 м. Коэффициент водопроницаемости (по данным пробных откачек) составляет 47–61 м<sup>2</sup>/сут. Дебиты родников не превышают 0,5 дм<sup>3</sup>/с. Воды родников по составу гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-магниевого с минерализацией 0,3–0,4 г/дм<sup>3</sup>.

*Верхне-среднечетвертичный аллювиальный водоносный горизонт.* Горизонт приурочен к аллювиальным отложениям первой, второй надпойменной террасы и к аллювиально-флювиогляциальным отложениям третьей надпойменной террасы р. Становая Ряса. Водовмещающими породами являются мелкозернистые пески и супеси с прослоями глин и суглинков мощностью до 1–3 м. Коэффициент фильтрации составляет 0,5–5,5 м/сут. Глубина залегания кровли водоносного горизонта 0–16 м., горизонт безнапорный. Дебиты из колодцев не превышают 0,24 дм<sup>3</sup>/с при понижении до 1,0 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые, реже магниевые с минерализацией 0,3–0,9 г/дм<sup>3</sup>.

*Донская ледниковая спорадически обводненная толща.* Воды приурочены к песчаным и супесчаным линзам мощностью до 3 м., распространенным среди плотных моренных суглинков. Глубина залегания линз 0–9 м. Дебиты при откачках из колодцев изменяются от 0,01 до 0,15 дм<sup>3</sup>/с при понижении уровня до 1 м. Коэффициенты фильтрации изменяются в пределах 0,23–4,36 м/сут. Воды гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевого с минерализацией до 0,7 г/дм<sup>3</sup>.

*Окско-донской водно-ледниковый водоносный горизонт.* Горизонт приурочен к флювиогляциальным отложениям времени наступления донского и отступления окского ледников. Водовмещающими породами являются разнородные пески, местами глинистые, слоистые мощностью 1–10 м. Дебиты колодцев

0,01–0,21 дм<sup>3</sup>/с при понижении уровня на 1 м. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,25 до 7,26 м/сут. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-магниевого с минерализацией до 0,6 г/дм<sup>3</sup>.

*Неоком-аптский водоносный горизонт.* Водовмещающие пески тонко- и мелкозернистые с прослоями плотных глин. Мощность горизонта до 16 м. Глубина залегания кровли водоносного горизонта в пределах 20–40 м. Воды напорные; нижним водоупором являются прослои глин. Дебиты родников и колодцев составляют 0,01–0,5 дм<sup>3</sup>/с. Коэффициенты фильтрации изменяются от десятых долей метра до 7,45 м/сут. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые с минерализацией 0,1–0,7 г/дм<sup>3</sup>.

*Лебедянско-данковский водоносный горизонт.* Горизонт приурочен к трещиноватым доломитам. Водовмещающими породами являются трещиноватые и закарстованные доломиты лебедянского и данковского горизонтов. Водоносный горизонт имеет безнапорный характер. Удельный дебит колеблется от 0,77 до 13,9 дм<sup>3</sup>/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевого с минерализацией 0,3–0,4 г/дм<sup>3</sup>.

*Елецкий водоносный горизонт.* Елецкий водоносный горизонт заключен в трещиноватых известняках елецких отложений. Глубины залегания кровли горизонта 100–120 м., абсолютные отметки ее на уровне 70–80 м. Водоносный горизонт напорный, напор составляет 65 м; коэффициент фильтрации составляет 3,4 м/сут. Коэффициент водопроницаемости не превышает 36,4 м<sup>2</sup>/сут. Питание горизонта происходит, в основном, за счет инфильтрации атмосферных осадков и перелива вод из данково-лебедянского водоносного горизонта. Воды гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые с минерализацией – 0,24 г/дм<sup>3</sup>. Жесткость невысокая – 4,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Елецкий водоносный горизонт отличается небольшой водообильностью и глубоким залеганием, поэтому для водоснабжения населения и промышленных предприятий не используется.

*Задонский водоупор.* Задонские водоупорные отложения сложены глинами и мергелями с подчиненными прослоями известняков. Для пород характерна тонкая слоистость и ровная поверхность напластования. В целом они представляют собой слабопроницаемую толщу, которая является региональным водоупором для верхнефаменского горизонта верхнего девона. Мощность водоупора 12–16 м.

#### Расчет гидрогеологических параметров

Гидрогеодинамические параметры, характеризующие проницаемость и водообильность водоносных пластов в настоящее время определяется чаще всего по данным кустовых откачек. Наиболее применим в геологической практике графоаналитический метод обработки материалов откачки. При этом откачка должна выполняться при постоянном дебите, при неустановившемся режиме фильтрации [6–8]. В этом случае зависимость между дебитом Q и понижением S в скважинах куста определяется уровнем Тейса:

$$S=Q/4\pi T^*W(u), \quad (1)$$

где аргумент  $u=r^2/4at$

При наступлении квазистационарного режима фильтрации интегральная зависимость переходит в логарифмическую:

$$S=0,183*Q/T*lg*225at/r^2, \quad (2)$$

при  $u=0,1$

Данная формула является уравнением прямой линии в системе координат S

$$Lg t, S-lg r, S-lg(t/r^2) \quad (3)$$

В зависимости от выбранной системы координат выделяют три способа обработки данных, в основном по наблюдательным скважинам куста.

*Способ временного прослеживания уровня при:*

$$S=At + Ct lg t, \quad (4)$$

при  $r=const$

Этот способ заключается в прослеживании понижения или восстановления уровня во времени. Расчетные параметры, коэффициенты водопродвижности и пьезопроводности определяются по угловым коэффициентам  $Ct$  и начальным ординатам  $At$  временных графиков прослеживания  $S-lg t$ . Основной информацией для построения графиков являются замеры понижения в одной скважине [8].

*Способ площадного прослеживания уровня.* Обработка опытной информации производится с помощью полулогарифметрической прямой вида:

$$S=Ar-Cr, \quad (5)$$

при  $t=const$

Способ заключается в прослеживании изменения уровня в зависимости от расстояния наблюдательных скважин до возмущающейся, то есть по площади опытного участка. Коэффициенты водопродвижности и пьезопроводности определяются по угловым коэффициентам  $Cr$  и начальным ординатам  $Ar$  площадных графиков прослеживания  $S-lgr$ . Основной информацией для построения графика являются единовременные замеры в нескольких наблюдательных скважинах.

*Способ комбинированного прослеживания.* Обработка опытной информации производится с помощью полуарифметрической прямой вида:

$$S=Ak+Ck lg t/r^2 \quad (6)$$

Способ заключается в прослеживании изменения уровня во времени одновременно в нескольких наблюдательных скважинах. Коэффициенты водопродвижности и пьезопроводности определяются по угловым коэффициентам  $Ck$  и начальным ординатам  $Ak$  комбинированных графиков прослеживания  $S-lgt/r^2$ . Информацией для построения комбинированных графиков служат регулярные во времени замеры понижения одновременно в нескольких наблюдательных скважинах. При временном прослеживании уровня ( $S-lg t$ ) коэффициент водопродвижности определяется по формуле:

$$T=0,183Q/Ct, \quad (7)$$

а коэффициент пьезопроводности из уравнения:

$$Lg a=2lg r-0,35+At/Ct \quad (8)$$

При площадном прослеживании уровня ( $S-lgr$ ) коэффициент водопродвижности будет:

$$T=0,366Q/Ct, \quad (9)$$

а коэффициент пьезопроводности:

$$Lga=2At/Ct*0,35-lg t \quad (10)$$

При комбинированном прослеживании, когда меняются  $t$  и  $r$ , коэффициент водопродвижности имеет вид:

$$T=0,183Q/Ct, \quad (11)$$

а коэффициент пьезопроводности:

$$Lg a=At/Ct-0,35 \quad (12)$$

Кустовая откачка на участках разведки выполнялась из скважины с постоянным дебитом, равным 1849 м<sup>3</sup>/сут. В качестве наблюдательных использовались скважины, пробуренные в четырех местах от центральной, и скважины, удаленные на расстоянии 54,8 м и 74,8 м соответственно. Для расчетов параметров выбран начальный период откачки (0,5 сут.), когда изменения уровня были значительны.

Ниже приведены результаты временного и комбинированного прослеживания уровня подземных вод.

*Временное прослеживание по первой скважине:*

$A=-0,07$ ;  $C=0,31$ ;  $r=54,8$ ;  $T=0,183*1849/0,31=1092$  (м<sup>2</sup>/сут);  $lg a=2 lg 54,8-0,35+(-0,07/0,31)=2,90$ ;  $a=799,02=7,9*10^2$  (м/сут)

*Временное прослеживание по второй скважине:*

$A=-0,25$ ;  $C=0,35$ ;  $r=74,8$ ;  $T=0,183*1849/0,35=976$  (м<sup>2</sup>/сут);  $lga=2lg74,8-0,35+(-0,28/0,35)=2,59$ ;  $a=396,00=3,9*10^2$  (м<sup>2</sup>/сут)

Средняя водопродвижность определяется как

$$T_{cp}=1092+976/2=1029 \text{ (м}^2\text{/сут)},$$

а средняя пьезопроводность

$$A_{cp}=7,9*10^2+3,9*10^2/2=5,9*10^2 \text{ (м}^2\text{/сут)}$$

*Комбинированное прослеживание:*

$A=1,97$ ;  $C=0,34$ ;  $T=0,183*1849/0,34=995$  (м<sup>2</sup>/сут);  $lg a=1,07/0,34-0,35=2,79$ ;  $a=627,70=6,2*10^2$  (м<sup>2</sup>/сут)

Таким образом, для расчета эксплуатационных запасов подземных вод выбраны следующие гидрогеологические параметры:

$$T_{cp}=1029+995/2=1012 \text{ (м}^2\text{/сут)}$$

$$A_{cp}=6,2*10^2+5,9*10^2/2=6,0*10^2 \text{ (м}^2\text{/сут)}$$

#### Оценка эксплуатационных запасов подземных вод

Участок водозабора расположен в 90 м от р. Становая Ряса. Поэтому пласт принимается в плане с границей постоянного питания, которой является р. Становая Ряса. В створе кустовой откачки межени расход реки составляет 7,3 м<sup>3</sup>/сек.

Для определения проектной производительности скважин водозабора используются данные кустовой откачки, в первую очередь, рассчитывается дебит скважин, то есть

$$q=1840/14,25=130 \text{ м}^3\text{/сут.}, \text{ где}$$

$q$  – удельная производительность скважин, м<sup>3</sup>/сут.

При средней мощности активной зоны известняков на участке кустовой откачки, равной 37,6 м., допустимое понижение ( $S_{доп}$ ) составляет 19 м. Тогда возможная производительность скважин равна:

$$Q_{скв}=q*S_{доп} \text{ или } 130*19,0=2470 \text{ м}^3\text{/сут.}$$

При заданной потребности 17,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут проектное количество скважин водозабора составит:

$$n=Q_{сум}/Q_{скв}=17100/2470=7 \text{ скважин}$$

для таких условий справедлива следующая формула:

$$Sp=Q_{сум}/2\pi T(\ln 2\lambda/rc+\ln p/r_1+1+\ln p/r_1), \text{ где}$$

$Q_{сум}$  – проектный расход водозабора, м<sup>3</sup>/сут;

$\lambda$  – расстояние до границы, м;  $T$  – водопроницаемость пласта, м<sup>2</sup>/сут;  
 $r_c$  – радиус скважины, в которой определяется понижение, м;  
 $r_l$  – расстояние до зеркально отображенных скважин водозабора, м;  
 $r_l - r$  – расстояние между скважинами, м.

Расчетное расстояние до реки 100 м. Скважины нагружаются равномерно по 2470 м<sup>3</sup>/сут, а расстояние между скважинами задается равным 200 м. Определяется расстояние до зеркально отраженных скважин. Для четвертой скважины расстояние до фиктивной скважины равно 200 м, расстояние от четвертой скважины до пятой фиктивной скважины 280 м, от четвертой до шестой фиктивной составляет 450 м, от четвертой до седьмой фиктивной скважины равно 630 м. Соответственно такие же расстояния до первой, второй, третьей скважин, тогда

$$S_p = 17100/2 * 3,14 * 1012 (\ln 200/0,2 + 2(\ln 280/200 + \ln 450/400 + \ln 630/600)) = 2,69 * (6,90 + 2(0,33 + 0,11 + 0,04)) = 2,69 * 7,86 = 21,0 \text{ м}$$

Таким образом, конструкции водозабора и параметры будут следующие:

Проектный расход водозабора  $Q_{\text{сум}} = 17,1 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Количество скважин = 7.

Расстояние между скважинами  $G = 200 \text{ м}$ .

Длина водозабора  $l = 1200 \text{ м}$ .

$S_p = 21 \text{ м}$  при  $S_{\text{доп}} = 19,0 \text{ м}$ .

В створе водозабора минимальный расход реки Становая Ряса равен 7,3 м<sup>3</sup>/сек или 7,3 \* 86400 = 630,72 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что для инфильтрационных водозаборов является верхним пределом производительности. При рассчитанном расходе 17,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут, это составит 2,7 % меженного расхода реки [10, 11].

Так как водозабор г. Чаплыгин является инфильтрационным, то необходимо определить и пропускную способность русла р. Становая Ряса в пределах расположения водозабора. Пропускная способность подрусловых отложений рассчитывается по формуле

$$q = H_0 + m_0 / A_0 * 2b \quad (13)$$

$q$  – единичный расход при инфильтрации через донные отложения, м<sup>2</sup>/сут;

$H_0$  – средняя глубина реки, м;

$m_0$  – мощность подрусловых отложений, м;

$b$  – половина ширины реки, м;

$A_0$  – коэффициент сопротивления подрусловых отложений, сут.

Средняя глубина в пределах подрусловых отложений, через которые происходит фильтрация речных вод до кровли известняков верхнего девона, составляет  $m_0 = 9 \text{ м}$  (с паспорта кустовой откачки). Ширина поймы реки в этом районе  $2b = 250 \text{ м}$ ; коэффициент сопротивления подрусловых отложений для песчано-глинистых осадков, которые подстилают русло в данном районе, принимаем  $A_0 = 10 \text{ сут}$ . Следовательно, удельный расход из реки составит:

$$q = 2,2 + 9,0 / 10 * 500 = 560 \text{ м}^2/\text{сут}$$

Расчетная длина водозабора вдоль реки равна 1200 м, тогда инфильтрация из реки в пределах расположения скважин составит 672 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

$$Q = q * l = 560 * 1200 = 672 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$$

Величина инфильтрации из р. Становая Ряса в пределах расчетного водозабора как по минимальному расходу, так и по величине пропускной способности русла получается практически одинаковой и в несколько раз выше заявленной потребности в воде, что указывает на благоприятные условия эксплуатации водозабора.

### Заключение

В настоящее время водоснабжение г. Чаплыгин осуществляется водозаборами различных ведомств и частично городским водозабором. Промышленные предприятия, расположенные в городе, оказывают серьезное воздействие на окружающую природную среду, являясь основными источниками загрязнения как поверхностных, так и подземных вод. Взаимодействуя с геологической средой, предприятия, образуют техногенно-природные системы, вызывая негативные изменения гидрогеохимических параметров [12]. Наибольшую техногенную нагрузку оказывают участки захоронения твердых и отстойники жидких промышленных отходов. В этой связи для нового водозабора выбран участок, расположенный в южной части города, лишенный прямого воздействия промышленных объектов. Здесь возможно загрязнение подземных вод речными, поскольку имеется гидравлическая связь верхних водоносных горизонтов с рекой Становая Ряса. Поэтому на весь период эксплуатации водозабора необходимо предусмотреть постоянно действующий гидрогеохимический мониторинг.

На участке нового водозабора возможно получение достаточного количества питьевой воды для обеспечения г. Чаплыгин в объеме 17,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Это соответствует заявленной потребности при работе уровня подземных вод на скважинах водозабора, что примерно равно допустимому понижению.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокимов, В. И. Чаплыгин–Раненбург / В. И. Евдокимов // География, 2001. – С. 66–74.
2. Савко, А. Д. Геология Воронежской антиклизы / А. Д. Савко. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 165 с.
3. Смирнова, А. Я. Экология подземных вод бассейна Верхнего Дона / А. Я. Смирнова, А. И. Бородин. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2007. – 180 с.
4. Савченко, О. В. Ресурсы подземных вод и возможности их рационального использования в Центрально-Черноземном регионе Российской Федерации / О. В. Савченко // Геология в развивающемся мире. Междунар. VII науч.- прак. конф. студ., асп. и молодых ученых с междунар. участием. – Т. 2. – Пермь: Перм. гос. исслед. ун-т, 2014. – С. 108–112.
5. Смольянинов, В. М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование / В. М. Смольянинов. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2003. – 240 с.
6. Бочаров, В. Л. Математическое моделирование условий формирования поверхностного и подземного стока / В. Л. Бочаров, О. В. Савченко, Л. Н. Строгонова // Информатика: проблемы, методологии, технологии: матер. XIV Междунар. науч.-метод. конф. – Т. 1. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2014. – С. 89–96.
7. Зекцер, И. С. Современное состояние региональной оценки и картирования подземного стока и ресурсов подземных вод / И. С. Зекцер // Гидрогеология вчера, сегодня,

завтра: матер. Междунар. науч. конф. – М: Изд-во Макс Пресс, 2013. – С. 25–31.

8. *Боревский, Б. В.* Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек / Б. В. Боревский, Б. Г. Самсонов, Л. С. Язвин. – М.: Недра, 1973. – 196 с.

9. *Бочаров, В. Л.* Экологические проблемы регионального изучения гидросферы / В. Л. Бочаров // Использование и охрана водных ресурсов Центрально-Черноземного региона России. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. – 2009. – С.20–23.

10. *Боревский, Б. В.* Оценка запасов подземных вод / Б. В. Боревский, Н. И. Дробноход, Л. С. Язвин. – Киев: Высшая школа, 1989. – 218 с.

11. *Савченко, О. В.* Оценка гидрогеологических и инженерно-геологических условий бассейна р. Становая Ряса на участке мостового перехода у г. Чаплыгин Липецкой области / О. В. Савченко // Экономическая геология: теория, практика и регион. проблемы (Молодые в науке): матер. III науч. практ. конф. – Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2013. – С. 147–149.

*Воронежский государственный университет*

*Бочаров В. Л., доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии*

*E-mail: gidrogeol@mail.ru*

*Тел.: 8(473)220-89-80*

*Савченко О. В., аспирант 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 Geology-Mineralogical Science, Professor, Head of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair*

*E-mail: gidrogeol@mail.ru*

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

*Savchenko O. V., the post graduate student, of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology Chair*

*E-mail: gidrogeol@mail.ru*

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