

## ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЕРГЕНИНСКОГО АЛЛЮВИАЛЬНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА (ЦИМЛЯНСКИЙ АРТЕЗИАНСКИЙ БАССЕЙН)

В статье рассмотрены основные закономерности формирования и размещения пресных и минерализованных подземных вод ергенинского аллювиального водоносного горизонта Цимлянского артезианского бассейна. Исследован качественный состав подземных вод горизонта. Проанализированы результаты минерализации, ионно-солевого состава, общей и карбонатной и постоянной жесткости. Выявлена вертикальная зональность изменения ионно-солевого состава с глубиной. Обоснована возможность комплексного использования гидроминеральных ресурсов ергенинского горизонта.

**Ключевые слова:** Цимлянский артезианский бассейн, водозабор, водоносный горизонт, пресные воды, минеральные воды, минерализация, общая жесткость, временная жесткость.

В 1992 г. Генеральная ассамблея ООН провозгласила 22 марта Международным днем водных ресурсов, в дальнейшем Международным днем воды. ООН и другие международные организации неоднократно обращались к проблеме водных ресурсов нашей планеты. Весь 2008 г. был объявлен годом Воды. Проблема воды выделена как первая и самая главная. Многие страны испытывают большие трудности в связи с нехваткой пресных вод питьевого назначения. Практически во всех странах существует проблема качества питьевых вод. Не исключением является южные районы Волгоградской области. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), 80% заболеваний связано с плохим качеством питьевых вод. В 1985 г. ЮНЕСКО провозгласило, что пресные подземные воды являются последним резервом человечества. Геннадий Онищенко на открытии Российской недели здравоохранения (2013 г.) отметил, что качество среды обитания является важным критерием здоровья населения. «В России более 17% заболеваемости и 11% смертности было связано с вредным воздействием факторов среды обитания».

Жесткость одна из важных характеристик качества воды. Общая жесткость определяется как суммарное содержание солей кальция и магния и выражается как сумма карбонатной и некарбонатной жесткости. Карбонатная (устраняемая) жесткость характеризуется содержанием в воде гидрокарбонатов кальция и магния при нагревании или кипячении воды разлагается на практически нерастворимые карбонаты и углекислый газ. Такая жесткость называется временной жесткостью, ее можно наблю-

дать при кипячении воды в чайнике. Некарбонатная жесткость складывается из некарбонатных солей кальция и магния, сульфатов, хлоридов, нитратов, при нагревании или кипячении они остаются в растворе.

В природе нет совершенно чистой воды. Вода – отличный растворитель. При длительном кипячении воды, обладающей карбонатной жесткостью, в ней появляется осадок, состоящий главным образом из  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ , и одновременно выделяется углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). Оба эти вещества появляются вследствие разложения гидрокарбоната кальция, именно поэтому карбонатную жесткость называют временной жесткостью. В процессе подготовки воды для питьевых целей, а также для использования в банях и бассейнах рекомендуется уменьшать жесткость воды ниже 1,5 ммоль/л (при этом кальция должно быть не менее 30 мг/л, а магния – не менее 10 мг/л). Такое содержание солей жесткости позволит укрепить сердечнососудистую систему человека, а также предотвратить негативное влияние на оборудование системы водоснабжения благодаря исключению коррозии материалов, из которых оно выполнено.

Постоянное употребление внутрь жесткой воды без умягчения приводит к снижению моторики желудка к накоплению солей в организме, заболеванию суставов и образованию камней в почках и желчных путях также как карбонат кальция (известь) откладывается на стенках посуды.

Самым распространенным используемым в домашних условиях способом умягчения воды является нагрев до определённой температуры.

Другие технологии умягчения воды направлены главным образом на удаление именованно карбонатной жёсткости как наиболее опасного явления.

Карбонатная жёсткость устраняется при кипячении. Соли, растворённые в воде (гидрокарбонаты кальция и магния  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  легко распадаются при нагревании на карбонат кальция (известь) и карбонат магния образует воду и углекислый газ:



Твердый осадок представляет собой вещество от аморфного порошка до твердого кристаллического образования.

### **Материалы и методы**

Для изучения пресных подземных вод были использованы следующие методы:

1) Анализ фондовых и литературных источников, выполнены химические анализы.

2) Для определения химического состава подземных вод был проведен сокращенный химический анализ который производится в целях получения подробной характеристики состава по окончании бурения разведочно-эксплуатационных скважин, в конце опытных откачек для общей характеристике качества питьевых вод.

3) Систематизация подземных вод по химическому составу произведена на базе классификации Алекина-Посохова. В соответствии с ней выделено четыре типа вод (I – содовый, IIa – магниальный; IIб – гипсовый; IIIa – хлормagneзиевый). Наименование водам дается по преобладающим анионам и катионам. Преобладающими считаются ионы, содержащиеся в количестве 20% и более при условии, что сумма анионов и катионов равна 100% в отдельности.

4) Для характеристики химического состава подземных вод в работе также используется формула Курлова, представляющая собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке указывается процентное содержание анионов, а в знаменателе – катионов.

### **Результаты и их обсуждение**

Ергенинский аллювиальный водоносный горизонт является основным источником питьевого водоснабжения для жителей населенных

пунктов Светлоярского, Октябрьского, Котельниковского районов.

Согласно региональному гидрогеологическому районированию ВСЕГИНГЕО, изучаемая территория южных районов Волгоградской области между правобережьем Цимлянского водохранилища и Прикаспийской впадиной относится к Цимлянскому бассейну подземных вод III порядка безнапорно-субнапорных вод, Донецко-Донского бассейна II порядка, Днепро-Донецкой провинции I порядка.

Расчлененность рельефа и близкое залегание к поверхности водопроницаемых неогеновых пород создают благоприятные условия для формирования пресных подземных вод в неогеновых отложениях, а где водообмен затруднен формируются минерализованные воды. Разгрузка ергенинского водоносного горизонта происходит по долинам больших и малых рек и овражно-балочной системы.

Основным объектом практического значения, а значит и изучения, являются пресные и минерализованные подземные воды ергенинского водоносного горизонта.

Вышеперечисленные южные районы расположенные на Ергенинской возвышенности находятся в менее благоприятных условиях. Однако и здесь эксплуатационные запасы пресных подземных вод полностью обеспечивают существующие потребности сельского хозяйства и населенных пунктов.

Водоносный ергенинский аллювиальный горизонт ( $aN_{2er}$ ) широко распространен на территории Цимлянского бассейна. Кровля горизонта залегает на глубине 0,5–82 м, подошвой являются водоупорные отложения майкопской и киевской серий, реже проницаемые или водоупорные осадки более древних отложений (по кампанские включительно) препятствующими водообмену с нижележащими горизонтами палеогена.

Мощность водоносного горизонта изменяется от 30–120 м на севере бассейна и в центре территории, до 200–300 м – на юге. А мощность обводненных песков изменяется от 3 до 38 м к югу от Волго-Донского канала и увеличивается в южном направлении. Восточнее с. Плодовитое, а также на отдельных участках в центральной части территории ергенинские пески полностью сдренированы или отсутствуют.

На большей части территории воды безнапорные или слабонапорные, гидравлически свя-

занные с подстилающими и перекрывающими отложениями. Горизонт преимущественно безнапорный. Уровень подземных вод устанавливается на глубинах от нескольких метров в долинах рек до 40–80 м на водоразделах. Дебит скважин изменяются в широких пределах от 0,2 до 20 л/с, родников – от 0,05 до 0,7 л/с; коэффициент фильтрации песков 1–35 м/сут, водопроницаемость – 20–460 м<sup>2</sup>/сут.

На севере территории Цимлянского АБ вдоль Волго-Донского канала распространены пресные воды гидрокарбонатного кальциевого, хлоридно-гидрокарбонатного кальциево-натриевого состава (табл. 1 №6) с минерализацией до 1 г/л (I тип). Южнее преобладают хлоридно-сульфатные и хлоридные натриевые воды с минерализацией 1–10 г/л и более.

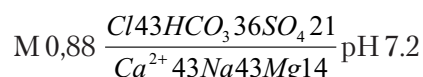
Минерализация и химический состав подземных вод пестры. Пресные воды с минерализацией от 0,2 до 1 г/дм<sup>3</sup> распространены преимущественно в северо-западной части территории, где ергенинские пески нередко выходят на дневную поверхность или залегают на небольшой глубине. На юго-востоке территории, где водоносный горизонт перекрыт слабопроницаемыми или водоупорными суглинками и глинами, преобладают солоноватые воды с минерализацией от 1–3 до 4–6 г/дм<sup>3</sup>.

Основным источником формирования запасов подземных вод первого от поверхности ергенинского горизонта являются атмосферные осадки, на инфильтрацию которых оказывают влияние литологический состав пород зоны аэрации, глубина залегания водоносных горизонтов, геоморфологические и геоструктурные особенности территории. Междуречные пространства перекрыты в большей своей части мощным чехлом слабопроницаемых суглинков и водоупорных глин, препятствующих инфильтрации атмосферных осадков. Пресные воды формируются преимущественно в долинах балок и рек, а также на участках выхода водовмещающих пород на дневную поверхность или неглубокого их залегания.

Проанализируем параметры жесткости в некоторых отдельных водозаборах и водозаборных скважинах. Для водоснабжения южных районов Светлоярского, Октябрьского, Котельниковского используются подземные пресные и минерализованные воды с общей жесткостью более 7 мг-экв/дм<sup>3</sup> [5].

На месторождении Гремячинского Гока на юге Волгоградской области (Котельниковский р-н) подземные пресные воды выведены с глубины 80–90 м из ергенинского аллювиального водоносного горизонта. Водозабор эксплуатируется в поясе недостаточного увлажнения тип воды IIa, IIIa (О.А. Алекину) [3], [4]. Здесь пресные подземные воды формируются в условиях аридизации и континентального засоления по химическому составу сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые с минерализацией 0,7–0,9–1,0 г/дм<sup>3</sup>, общей жесткостью 7,5–10,8 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В отдельных скважинах водозабора превышение ПДК общей жесткости достигает 4 раз к данным Всемирной организации здравоохранения.

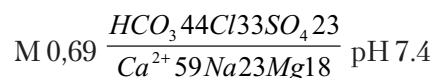
Из скважины №10158 Гремячинского водозабора выведены пресные воды с минерализацией 0,88 г/дм<sup>3</sup>. Состав вод смешанный сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциевый.



В солевом составе Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 36%, CaSO<sub>4</sub> – 7%, MgSO<sub>4</sub> – 14%, NaCl – 43%, тип воды IIb (гипсовый) [3], [4]. Воды по генезису инфильтрогенные.

Общая жесткость составляет 8,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>, карбонатная 4,90 мг-экв/дм<sup>3</sup>, некарбонатная 3,10 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Воду в сыром виде необходимо пить после умягчения.

Из скважины №10182 Гремячинского водозабора выведены пресные воды с минерализацией 0,69 г/дм<sup>3</sup>. Состав вод смешанный сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый.



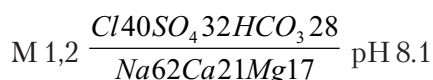
В солевом составе Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – 44%, CaSO<sub>4</sub> – 15%, MgSO<sub>4</sub> – 10%, MgCl<sub>2</sub> – 10, NaCl – 23%, тип воды IIIa (хлормagneиный тип воды) [3], [4]. Воды по генезису инфильтрогенные. Общая жесткость составляет 10,80 мг-экв/дм<sup>3</sup>, карбонатная 6,20 мг-экв/дм<sup>3</sup>, некарбонатная 4,60 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Для водоснабжения с. Гончаровское, Октябрьского района используются слабоминерализованные воды скважины №744 с минерализацией 1,20 г/дм<sup>3</sup>. Состав вод смешанный гид-

Таблица 1. Геохимическая характеристика подземных вод ергенинского водоносного горизонта Цимлянского АБ

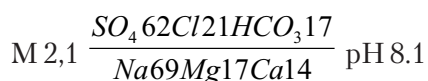
№ по рис.	Название и местонахождение родников	Глубина отбора, м	Литология и индекс возраста водовмещающих пород	Т °С рН	Минерализация г/л	Катионы и анионы, мг/дм <sup>3</sup> , мг-экв/дм <sup>3</sup>						Общая жесткость карбонатная постоянная мг-экв/л	Формула химического состава Тип воды по О.А. Алекину-Е.В.Посохову/аналог минеральной воды
						HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Пресные и слабосоленые воды используемые для питьевого водоснабжения													
1	Участок питьевого водозабора Котельниковский р-н, х, Пимено-Черни, скв 10182	80-90	Песок, N <sub>2</sub> ег	11-12 7,4	0,69	378,20 6,20	128,0 2,66	163,3 4,60	168,3 8,40	29,20 2,40	75,7 3,29	10,80 6,20-4,60	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 44 Cl33 SO <sub>4</sub> 23 Ca59 Na23 Mg18 IIIa
2	Участок питьевого водозабора на Гремячинском ГОКе, Котельниковский р-н, скв 10158	80-90	Песок, N <sub>2</sub> ег	11-12 7,2	0,88	298 4,9	118,6 2,47	185,0 5,21	120,4 6,0	19,5 1,60	138 6,0	8,0 4,90-3,10	Cl43 HCO <sub>3</sub> 36 SO <sub>4</sub> 21 Ca43(K+Na)43 Mg14 IIb
3	Скв.597, п.Прудовой, Светлоярского района	44-49	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 7,8	2,1	347,7 4,70	973 20,3	241,1 6,8	92,2 4,60	66,3 5,45	523,0 22,75	10,05 5,70-4,35	SO <sub>4</sub> 62 Cl21 HCO <sub>3</sub> 17 (K+Na)69 Mg17 Ca14 IIa, Анапский
4	Скв.744, с. Гончаровское, Октябрьского района	24-30	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 8,1	1,20	317,29 5,20	290,52 6,05	276,53 7,80	81,16 4,05	38,89 3,20	275,8 12,0	7,25 5,20-2,05	Cl40SO <sub>4</sub> 32 HCO <sub>3</sub> 28 (K+Na)62 Ca21 Mg17 IIa
5	Участок питьевого водозабора на Гремячинском ГОКе, Котельниковский р-н, скв 1а	127-140	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 6,6	0,697	280,7 4,60	113,6 2,37	187,9 5,30	112,2 4,60	31,6 2,60	94,1 4,09	8,20 4,6-3,6	Cl43HCO <sub>3</sub> 37 SO <sub>4</sub> 20 Ca46(K+Na)33 Mg21 IIIa
6	Скв.2 (водяная) Привольненская площадь	50-58	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 7,1	0,29	134 2,20	28 0,58	39 1,09	32 1,6	7 0,6	43 1,87	2,20 2,20	HCO <sub>3</sub> 58 Cl28 SO <sub>4</sub> 14 Na46 Ca40 Mg14 I
7	Скв.739, с. Абганерово, Светлоярский р-н	24-31	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 7,6	1,6	276,0 4,52	524,2 10,91	358,1 10,10	172,3 8,58	49,8 4,09	297,4 12,92	12,7 3,0-9,7	SO <sub>4</sub> 43 Cl39 HCO <sub>3</sub> 18 Na50 Ca34 Mg16 IIb Иркутский
8	Скв.743, с.Гончаровское, Октябрьский р-н	25-32	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 8,4	3,2	320,34 5,25	1235,32 25,74	652,34 18,4	197,39 9,85	94,18 7,75	736,82 32,05	17,6 5,35-12,26	SO <sub>4</sub> 52 Cl37 HCO <sub>3</sub> 11 Na64 Ca20 Mg16 IIb Угличский
9	Скв.3 (водяная) Привольненская площадь	109-119	Песок, N <sub>2</sub> ег	12 7,7	4,1	281 4,6	1301 27,1	1192 33,58	473 23,6	158 12,99	660 28,69	41,68 4,6-37,08	Cl51 SO <sub>4</sub> 42 HCO <sub>3</sub> 7 Na44 Ca36 Mg20 IIIa Хилловский

рокарбонатно-сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый.



В солевом составе  $Ca(HCO_3)_2$  – 21%,  $Mg(HCO_3)_2$  – 7%,  $MgSO_4$  – 10%,  $Na_2SO_4$  – 10%,  $NaCl$  – 40%, тип воды IIa (магнезиальный тип воды) [3], [4]. Воды по генезису инфильтрационные. Общая жесткость составляет 7,25 мг-экв/дм<sup>3</sup>, карбонатная 5,20 мг-экв/дм<sup>3</sup>, некарбонатная 2,05 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Для водоснабжения с. Прудового, Светлоярского района используются слабоминерализованные воды скважины №597 с минерализацией 2,10 г/дм<sup>3</sup>. Воды по химическому составу хлоридно-сульфатные натриевые.



В солевом составе  $Ca(HCO_3)_2$  – 14%,  $Mg(HCO_3)_2$  – 3%,  $MgSO_4$  – 14%,  $Na_2SO_4$  – 48%,  $NaCl$  – 21%, тип воды IIa (магнезиальный) [3], [4]. Воды по генезису инфильтрационные. Общая жесткость составляет 10,05 мг-экв/дм<sup>3</sup>, карбонатная 5,70 мг-экв/дм<sup>3</sup>, некарбонатная 4,35 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Эти воды являются близким аналогом Анапского типа минеральных вод в соответствии с ГОСТом.

Ергенинский водоносный горизонт, который является основным источником для питьевого водоснабжения с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup> и выше содержат подземные воды от средней жесткости до жестких 6–12 мг-экв/л.

В соответствии с принятой классификацией лечебного применения в ергенинском аллювиальном водоносном горизонте встречаются минеральные воды группы без «специфических» компонентов и свойств по классификационной схеме Иванова-Невраева.

Минеральные воды без «специфических» компонентов и свойств холодные, минерализация их колеблется от 1–2 до 15 г/дм<sup>3</sup> (питьевые). По химическому составу воды ергенинского горизонта преимущественно сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные, по газовому составу кислородно-азотные. Они встречаются на всей территории Цимлянского артезианского бассейна [6].

Лечебное воздействие вод этой группы определяется основным ионно-солевым составом и минерализацией. Она занимает доминирующее

положение как по числу относящихся к ней типов, так и по их распространенности в регионе.

Формирование химического состава минеральных вод без «специфических» компонентов и свойств осуществляется под влиянием общих гидро-геохимических процессов, таких как химическое выветривание пород (растворение и выщелачивание, гидролиз, окисление), катионного обмена в системе вода–порода, процессов смешения и др.

В классе кислородно-азотных сульфатно-хлоридных вод выявлен магниевое-кальциево-натриевый подкласс. Воды этого класса встречаются на Привольненской площади. Глубина залегания вод от 90 м до 120 м. Минерализация их составляет 4,1 г/дм<sup>3</sup> (табл.1., №9). Реакция среды – слабощелочная (рН=7,7). Давление P – (0,1МПа). Температура 10–12°. В солевом составе вод преобладают  $NaCl$  (44%) и существенная роль принадлежит также  $CaSO_4$  (до 29%) и  $MgSO_4$  (13%),  $Ca(HCO_3)_2$  (2–7%),  $MgCl_2$  (7%). Природа вод инфильтрационная  $rNa / rCl = 1,16$ . Подземные воды являются аналогом Хиловского типа минеральных вод [7]. В России воды такого состава широко используются.

В классе кислородно-азотных хлоридно-сульфатных вод выявлены два подкласса натриевый, кальциево-натриевый, (табл. 1., №3, 7, 8). Воды залегают на глубине от 24 до 50 м. Минерализация вод варьирует от 1,6 до 3,2 г/дм<sup>3</sup>. Минерализация вод натриевого 2,1 г/дм<sup>3</sup>, кальциево-натриевого 1,6, 3,2 г/дм<sup>3</sup>. Реакция среды щелочная (рН 7,6–8,4). Температура 12°.

В солевом составе преобладают  $Na_2SO_4$  (от 25 до 52%),  $NaCl$  (от 21–39%) и присутствуют  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ . Генетический коэффициент  $rNa / rCl > 1$ . Подземные воды являются аналогом Анапского, Иркутского, Угличского типов [7].

В России и странах СНГ воды такого состава нашли широкое применение.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1) По химическому составу пресные воды ергенинского аллювиального водоносного горизонта Цимлянского артезианского бассейна, – в основном воды смешанного состава, трехкомпонентные от сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатных до гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридных, натриевого, натриевого-кальциевого состава

ва. Воды обладающие наилучшим качеством относятся к гидрокарбонатному классу I типа.

2) Систематизация и типизация вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения на базе классификации Алекина-Посохова и Н.И. Толстихина выявила умеренно пресные (0,3–0,5 г/дм<sup>3</sup>) и пресноватые (0,5–1,0 г/дм<sup>3</sup>)

подземные воды и четыре химических типа воды I, IIa, IIб, IIIa.

3) По типизации вод по ГОСТу для использования в качестве источника минеральных вод, выявлены аналоги в классе сульфатно-хлоридных и хлоридно-сульфатных: Анапский, Иркутский, Угличский, Хилковский типы.

22.02.2014

**Список литературы:**

1. Гидрогеология СССР. Поволжье и Прикамье. Том XIII / под редакцией Афанасьев-ва Т. П. М.: Недра, 1970. 800 с.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества М.: Издательство стандартов, 2001 г. 67с.
3. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л: Гидрометеиздат. – 1953. 296 с.
4. Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. Л: Недра. – 1975. 208 с.
5. Мязина Н.Г. Формирование подземных вод хозяйственно-питьевого назначения на территории Нижнего Поволжья / Н.Г. Мязина // Водные ресурсы. – Екатеринбург, №3.-2013. – С 81-85.
6. Мязина Н.Г. Закономерности формирования и распространения минеральных вод в гидрогеологических структурах Волгоградской области [монография];– Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2008. -212 с.
7. ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые».– М.: Стандартин-форм, 2011. 65с.

Сведения об авторах:

**Мязина Наталья Григорьевна**, доцент кафедры геологии геолого-географического факультета Оренбургского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук  
460018. г.Оренбург, пр-т Победы 13, кафедра геологии, ауд. 3207, тел. (3532) 372543  
E-mail: miazina-natalia@rambler.ru

**Пономарева Полина Александровна**, старший преподаватель кафедры химии, химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета  
460018. г. Оренбург, пр-т Победы 13, кафедра химии, ауд. 3330, тел. (3532) 372543  
E-mail: pponomareva@narod.ru