

Е.Е. Андреева<sup>1</sup>, В.М. Федотов<sup>2</sup>, Д.В. Фролов<sup>2</sup><sup>1</sup>ГУП "НПО Геоцентр РТ", Казань<sup>2</sup>ТНПЦ "Гидромониторинг", Казань

e-mail: trias@ksu.ru; glob18@newmail.ru

## ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВОСТОЧНОГО БОРТА МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ

На основе системного анализа условий формирования рассмотрены особенности вертикальной гидрогеохимической зональности подземных вод восточного борта Мелекесской впадины. Подчеркивается необходимость уже на начальном этапе разработки нефтяных залежей проводить систематические и режимные наблюдения за изменением состава и качества вод в целях прогноза и своевременного предотвращения ухудшения экологической ситуации в регионе.

Разработка месторождений нефти сопряжена с возможным изменением состава и качества подземных вод. По этой причине уже на раннем этапе эксплуатации нефтяных залежей при составлении постоянно действующей модели и для получения более полной картины процесса эксплуатации месторождения необходимо обладать информацией не только о чисто нефтяных параметрах, но и о характере распределения подземных вод в плане и разрезе, включая степень их загрязнения для принятия своевременных природоохранных мероприятий.

В отношении восточного борта Мелекесской впадины достаточно детально изученным оказалось ее геологическое строение. По этой области имеется достаточное количество геологических и геофизических данных в целях поиска и разведки нефти. По подземным же водам данных значительно меньше, при этом по верхним водоносным горизонтам (верхнепермским отложениям) – данных чуть больше.

На протяжении многих лет изучение гидрогеологических условий в данном и соседних с ним районах велось и ведется по двум направлениям. Первое связано с нефтепромысловой гидрогеологией, по поискам и эксплуатации нефтяных месторождений и второе – с выявлением условий формирования пресных подземных вод и подсчетом их ресурсов, в связи с решением вопросов промышленного и бытового водоснабжения (Галеев, Станкевич, 1964). К этим двум направлениям в последние годы добавилось третье – оценка степени влияния техногенных объектов на изменение состава и качества подземных вод, особенно по зоне активного водообмена, где сконцентрированы все запасы пресных вод.

В настоящей работе предпринята попытка систематизации и обобщения значительного фактического материала по гидрохимии подземных вод данного региона. Это тем более важно, что со времени последних работ по интересующей тематике прошло почти что полвека.

Особенности геологического и гидрогеологического строения восточного борта Мелекесской впадины определяются ее промежуточным положением между западным склоном Южно-Татарского свода и центральной частью депрессии. Исследуемая территория сложена разнородными по литолого-фациальному составу осадочными породами, в толще которых распространены многочисленные водоносные горизонты. Последние приурочены как к терригенным, так и карбонатным коллекто-

рам. В региональном плане региональные водоупоры: сверху вниз – тастубский, водоупорный локально-водоносный верейский горизонт, а также тульский и другие водоупорные слои, – обеспечивают не только благоприятные условия для сохранения постоянства состава подземных вод по всему разрезу осадочного чехла, но и намечают вертикальную гидродинамическую этажность, гидрологическую и гидрогеохимическую зональность.

По условиям питания, движения и разгрузки подземных вод в вертикальном разрезе восточного борта Мелекесской впадины выделяется три гидрогеологические зоны (Афанасьев, 1956): зона активного водообмена; зона замедленного водообмена; зона затрудненного водообмена.

В таблице приведена схема сопоставления вертикальной гидродинамической и гидрохимической зональности.

Зона активного водообмена полностью совпадает с *верхним гидродинамическим этажом*, и охватывает гидрогеологические подразделения, залегающие в четвертичных, неогеновых и верхнепермских отложениях. Зона прослеживается до тастубского водоупора включительно. В большинстве скважин кровля зоны установлена на глубинах от 3 – 5 м до 20 – 40 м от земной поверхности. Подошва же проходит на глубинах от 25 до 50 м, а местами опускается до 65–70 м. Максимальная мощность зоны (170 – 350 м) приурочена к водоразделам Б. и М. Черемшан, Б. и М. Сульча. Увеличение мощности зоны происходит в ю. – ю-з. направлении. В гидрогеохимическом отношении этой зоне соответствует гидрокарбонатная зона пресных и слабосолоноватых вод, которая в свою очередь подразделяется на гидрокарбонатную, сульфатно-гидрокарбонатную и гидрокарбонатно-сульфатную (в нижних частях разреза верхнепермских отложений) подзоны. Температура воды в пределах зоны колеблется от 2 до 8 °С и ей характерна окислительная обстановка. В верхней половине зоны, обычно, находятся пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с незначительной величиной минерализации (0,3 – 0,5 г/дм<sup>3</sup>) и жесткостью (4 – 7 ммоль/дм<sup>3</sup>). Жесткие воды с повышенным содержанием сульфатов и минерализацией около 1 г/дм<sup>3</sup> отмечаются в районах Чистополя, Нурлат и некоторых других местах.

В толще Q<sub>IV</sub> отложений, главным образом, по долине р. М. и Б. Черемшана обособляются два водоносных горизонта – верхний слабый (до глубины 9,5 м), приуроченный к супесям, и нижний более водообильный (на

глубинах от 11,6 – 17,2 м), приуроченный к разномерным пескам. Воды здесь гидрокарбонатные магниевые-кальциевые. В N<sub>2</sub> воды вскрываются скважинами на глубинах 15 – 122,35 м. В отдельных случаях они имеют родниковую разгрузку (обнажение у д. Русская Менча на р. Б. Черемшан, где крупнозернистые пески с гравием и галькой N<sub>2</sub> возраста находятся в контакте с отложениями P<sub>2</sub>t). Воды преимущественно гидрокарбонатного магниевые-кальциевые, но встречаются и сульфатно-гидрокарбонатного натриево-магниевые-кальциевые типа.

Из-за ограниченной распространенности P<sub>2</sub>t отложений, водоносные горизонты распространены локально. По водообильности и протяженности водоносного горизонта эти отложения расчленяются на две части, - верхнюю котельническую и нижнюю уржумскую. Верхняя часть разреза имеет незначительную мощность. Это определяет их слабую водообильность. Уржумский водоносный горизонт имеет большую мощность и более водообилен. В районе Нурлат он залегает на глубинах 80-100 м. Выходы подземных вод этого горизонта фиксируются в долинах рек Б. Черемшан и Кондурча, либо в крупных оврагах и балках. Чаше они встречаются в центральной части (Аксубаевский район). Воды пресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или сульфатно-гид-

рокарбонатные (магниевые)-натриево-кальциевые.

В верхне- и нижнеказанских отложениях встречаются пресные и слабосоленоватые воды гидрокарбонатного класса кальциевой группы. В Аксубаевском районе пресные воды были вскрыты на глубине 142 м, а в районе г. Нурлат на глубине 52,6 м. С глубиной залегания минерализация воды увеличивается. Это отмечено в Аксубаевском районе, в районе г. Нурлат, где в P<sub>1</sub>kz<sub>1</sub> распространены солоноватые воды гидрокарбонатно-сульфатного и сульфатного классов. В этом же направлении растет концентрация сульфатов и натрия, а концентрация гидрокарбонатов и кальция, напротив, - снижается. Максимально высокое содержание магния характерно водам P<sub>2</sub>kz<sub>2</sub>. На участках распространения битумных залежей, приуроченных, как известно, к уфимским песчаникам в восстановительных условиях распространены щелочные воды с малым содержанием сульфатов. При общей минерализации 3 – 3,8 г/дм<sup>3</sup> количество гидрокарбонатов может достигать 1,5 – 2 г/дм<sup>3</sup>, а сульфатов всего 0,7 – 0,15 г/дм<sup>3</sup>. В с. Малый Толкиш и с. Елань в загипсованных песчаниках распространены сульфатно-натриевые воды с содержанием сульфатов до 1,2 – 2 г/дм<sup>3</sup>.

На рис.1 показано распределение величины минерализации в подземных водах зоны активного водообмена,

без подразделения на свиты, комплексы и горизонты. Анализируя данные можно видеть, что воды солоноватой группы с минерализацией более 1 г/дм<sup>3</sup> развиты только на отдельных площадях.

Зона замедленного водообмена повсеместно совмещается со *средним гидродинамическим этажом*. В разрезе она охватывает гидрогеологические подразделения каширско-ассельского сульфатно-карбонатного комплекса, заключенного между двумя водоупорами – тастубским и верейским. Мощность зоны колеблется от 450 до 550 м, составляя в районе Чистополя 350 – 400 м. Разгрузка вод этой зоны происходит в центральной час-

Гидродинамический этаж		Гидрогеохимическая зональность				Формула Курлова
Возраст и мощность слагающих пород	Гидродинамическая зона	Минерализация вод	Гидрогеохимическая зональность		Водоносные подразделения	
			Зона	Подзона		
Верхний Четвертичный Неогеновый Верхнепермский 170 – 350	Активного водообмена	Зона пресных и слабо солоноватых вод	Гидрокарбонатная	Гидрокарбонатная	Четвертичный Q <sub>1-IV</sub>	M <sub>0.42-0.47</sub> $\frac{HCO_3 69 - 85SO_4 2 - 12Cl 7 - 12}{Ca 56 - 60Mg 16 - 39Na 1 - 23}$
				Сульфатно-гидрокарбонатная	Плиоценовый N <sub>2</sub>	M <sub>0.39-1.16</sub> $\frac{HCO_3 54 - 95SO_4 3 - 35Cl 1 - 14}{Ca 23 - 61Mg 12 - 34Na 11 - 64}$
					Татарский P <sub>2</sub> t	M <sub>0.45-0.55</sub> $\frac{HCO_3 70 - 100SO_4 0,5 - 22Cl 0,3 - 10}{Ca 54 Na 24 Mg 21}$
				Гидрокарбонатно-сульфатная	Верхнеказанский P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	M <sub>0.47-1.16</sub> $\frac{HCO_3 31 - 94SO_4 5 - 66Cl 0,8 - 3}{Ca 57 - 66 Mg 26 - 36 Na 5 - 12}$
					Нижнеказанский P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub>	M <sub>1.02</sub> $\frac{SO_4 59 - 66 HCO_3 31 - 37 Cl 2 - 5}{Ca 49 - 66 Na 7 - 29 Mg 22 - 26}$
					Уфимский P <sub>2</sub> u	M <sub>1.28</sub> $\frac{SO_4 67 HCO_3}{Ca 44 Na 34 Mg 22}$
Средний Нижнепермский Верхнекамненугольный 450 – 550	Замедленного водообмена	Зона соленых вод	Сульфатная	Тастубский региональный водоупор		
				Хлоридно-сульфатная	Сакмаро-кунгурский P <sub>1</sub> s-k	M <sub>2.1-6,5</sub> $\frac{SO_4 62 - 83 Cl 12 - 26 HCO_3 2 - 13}{Ca 44 Na 26 - 35 Mg 19 - 34}$
				SO <sub>4</sub> -Cl (Cl-Na)	Каширско-ассельский C <sub>2</sub> kš-P <sub>1</sub> a	M <sub>5-28</sub> $\frac{SO_4 50 Cl 47 HCO_3 3}{Na 58 Ca 28 Mg 15}$
					Верейский C <sub>2</sub> vr	M <sub>118</sub> $\frac{Cl 77 SO_4 22 HCO_3 1}{Na 67 Ca 23 Mg 11}$
Нижний Среднекаменноугольный, Раннекаменноугольный, Девонский, Рифейские породы, Породы кристаллического фундамента 860 – 1000	Затрудненного водообмена	Зона рассолов	Хлоридная	Cl-Na (SO <sub>4</sub> -Cl)	Алексинско-башкирский C <sub>1</sub> al-C <sub>2</sub> b	M <sub>18-287</sub> $\frac{Cl 97 SO_4 2 HCO_3 1}{Na 77 Ca 13 Mg 11}$
				Тульский водоупор		
				Cl-Na, Cl-Ca	Косьвинско-тульский C <sub>1</sub> ks-tl	M <sub>142-281</sub> $\frac{Cl 97 - 99 SO_4 0,4 - 2 HCO_3 0,2}{Na 72 - 78 Ca 14 - 18 Mg 6 - 10}$
				Cl-Na, Cl-Ca-Na	Саргаевско-турнейский D <sub>3</sub> sz - C <sub>1</sub> t	M <sub>240-260</sub> $\frac{Cl 99,9}{Na 71 - 72 Ca 20 - 24 Mg 5 - 25}$
				Тиманский водоупор		
				Cl-Na, Cl-Ca-Na	Эмско-нижнефранский D <sub>2-3</sub>	M <sub>245-287</sub> $\frac{Cl 100}{Na 69 - 61 Ca 22 - 27 Mg 5 - 15}$
				Карлинский водоупор		
				Cl-Na-Ca	Воды фундамента	M <sub>230-284</sub> $\frac{Cl 100}{Na 55 - 69 Ca 25 - 36 Mg 5 - 7}$

Табл. Схема вертикальной гидрохимической зональности подземных вод восточного борта Мелекесской впадины.

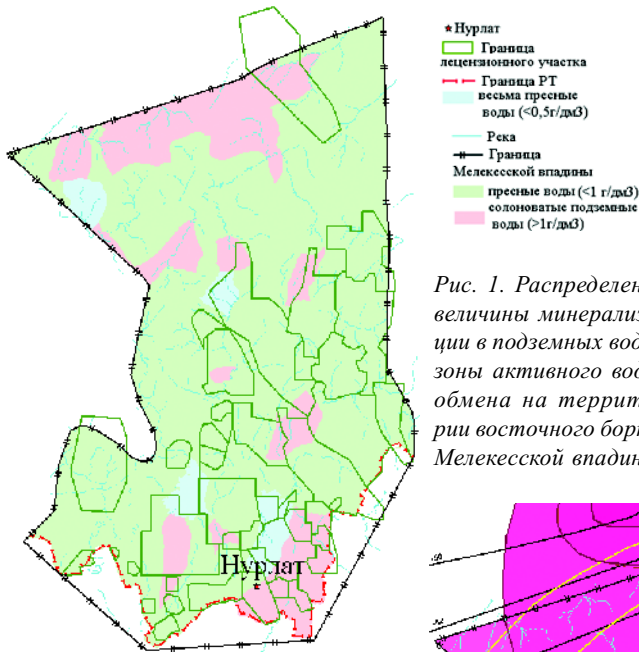


Рис. 1. Распределение величины минерализации в подземных водах зоны активного водообмена на территории восточного борта Мелекесской впадины.

ти Мелекесской впадины. В условиях окислительно-восстановительной обстановки, при недостатке кислорода, наличии гипсов, ангидритов и сероводорода, формируется зона соленых сульфатных вод. Расположение между двумя водоупорами способствует сохранению достаточно постоянной минерализации: до  $5,8 \text{ г/дм}^3$  в верхней части разреза и до  $14 - 15 \text{ г/дм}^3$  – в нижней ее части, а также химического состава вод. При минерализации более  $17 - 20 \text{ г/дм}^3$  возрастает относительное содержание хлоридов, и воды становятся хлоридно-сульфатными и сульфатно-хлоридными. По катионному составу воды этой зоны изменяются от кальциево-натриевых до магниево-кальциевых. С ростом минерализации в катионном составе начинает преобладать натрий. В верхней части местами обособляется подзона хлоридно-сульфатных вод, а в нижней части - сульфатно-хлоридных. Характер пространственного распространения подземных вод данного этапа весьма сложный, что наглядно представлено на рис. 2. Это определяется тем, что в нижней части толща соленых вод в некоторых случаях сокращается в мощности за счет распреснения рассолов вследствие повышенного водообмена с поверхностными водами. Подобный процесс особенно широко распространен в долине р. Камы и нижних частях некоторых ее притоков. В районе Чистополя мощность подзоны хлоридно-сульфатных вод самая минимальная – всего 55 м, в Аксубаево она увеличивается до 120 – 130 м, но в сторону Нурлата она сокращается до 30 – 40 м (рис. 3). Наибольшая мощность (до 150 м) установлена в бассейне р. Б. Черемшан. Глубина кровли этой подзоны в районе Булдыря находится на абсолютной отметке минус 90 – 100 м, в Аксубаево – минус 20 м. Мощность сульфатно-хлоридной подзоны в Чистополе составляет 220 м, а в следствии распреснения их

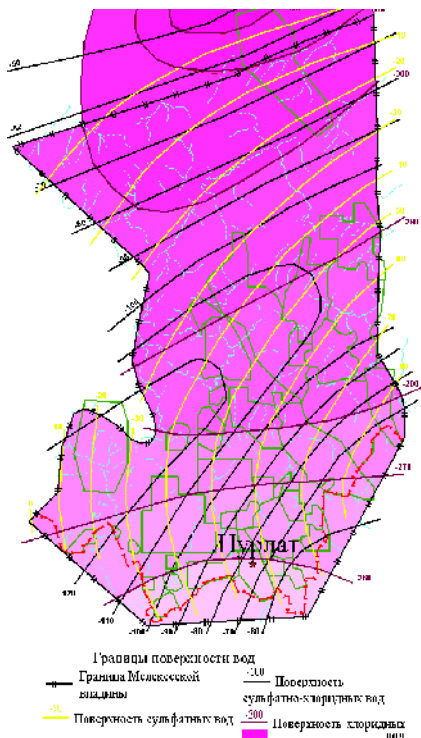


Рис. 2. Схематическая карта поверхности сульфатно-хлоридных вод.

кровля углубляется до абс. отм. минус 150 – 160 м. В Аксубаево ее мощность увеличивается до 340 м, а кровля находится на абсолютных отметках минус 150 м. Самое низкое положение кровли зоны хлоридных вод отмечается в районе Булдыря (до минус 480 м), что объясняется раскрытостью структур и вследствие этого с глубоким распресняющим влиянием пресных вод, в Аксубаево – минус 390 м, Нурлате – минус 275 м. В газовой составляющей преобладает азот, температура вод – не выше  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ .

На рисунке 4 отражены особенности изменения состава подземных вод из  $P_1$  и  $C_3$  отложений. Нетрудно видеть, что с глубиной залегания водоносных отложений увеличивается доля хлоридов и натрия в их составе.

На территории восточного борта Мелекесской впадины наблюдается тенденция сокращения мощности отложений раннепермского возраста: с 90 м (г. Чистополь) до 70 м (Аксубаево) и до 50 м (Черемшан). Галогенная часть (ангидриты и гипсы) еще в районе г. Чистополь замещается в верхней части карбонатами. Верхняя часть  $P_1$  толщи сильно размыта. В д. Булдырь кровля водоносного горизонта находится на абсолютной отметке минус 43,29 м, а подошва – минус 30,6 м, при мощности водоносного горизонта до 15 м. Водоносными породами являются доломиты. Абсолютная отметка пьезометрического уровня более 55 м. Все скважины, заложенные в низких местах, дают самоизлив с расходом  $0,07 - 17 \text{ л/сек}$ . В  $P_1$  отложениях распространены воды с минерализацией от  $2,1$  до  $6,5 \text{ г/дм}^3$ , при преобладании вод сульфатно-хлоридного класса, с минерализацией в пределах  $4 - 5 \text{ г/дм}^3$ . О характере изменения химического состава подземных вод

из  $P_1$  и  $C_3$  отложений дает представление рис. 5. В раннепермских отложениях воды сульфатные натриево-кальциевые, а в  $C_3$  – сульфатно-хлоридные натриевые.

В районе Чистополя, д.д. Змиево, Булдырь, Толкиш и Елань в  $P_1$  и  $C_3$  (верхняя часть) отложениях зафиксированы пресные воды, прослеженные до глубин порядка 50 – 70 м. Далее они сменяются умерен-

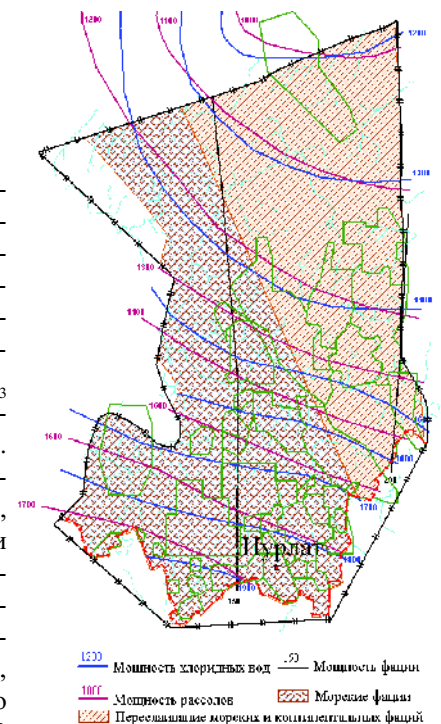


Рис. 3. Схематическая карта мощностей вод хлоридной, сульфатно-хлоридной и гидрохимических зон.

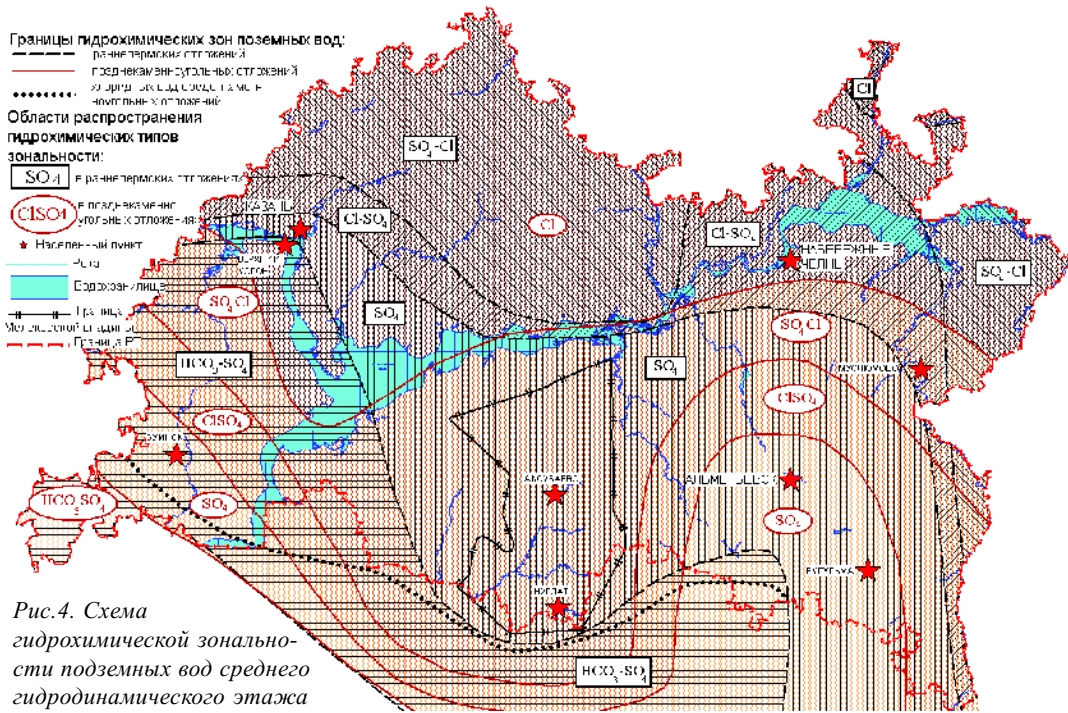


Рис. 4. Схема гидрохимической зональности подземных вод среднего гидродинамического этажа Республики Татарстан.

ем глубины залегания и возраста водоносных горизонтов.

В отложениях  $C_3$  фиксируются – соленые воды, иногда самоизливающиеся, как правило, сульфатно-хлоридного состава. С увеличением глубины залегания концентрация сульфатов уменьшалась и увеличивалась – у хлоридов; среди катионов: снижалась концентрация кальция и магния, а росла – у натрия (рис. 7). У д. Нижняя Чагодейка, что возле с. Черемшан, из скважины, вскрывшей  $C_3$  отложения, вода самоизливалась с дебитом около

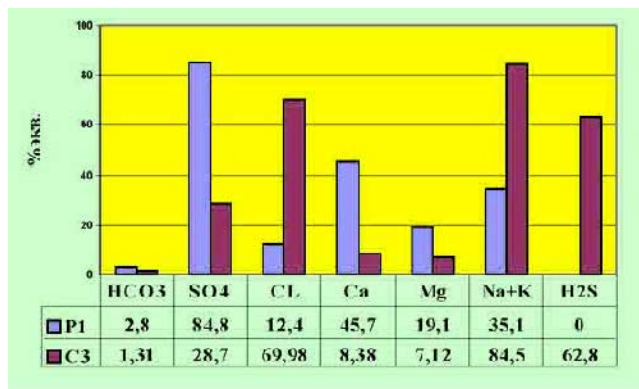


Рис. 5. Химический состав подземных вод сульфатной гидрохимической зоны восточного борта Мелекесской впадины.

но слабосоленоватыми сульфатными водами, с минерализацией до 2 – 3 г/дм<sup>3</sup>. По мере дальнейшего углубления залегания водоносных структур их минерализация повышается, и на глубине 250 – 300 м развиты соленые воды сульфатно-хлоридного состава, с минерализацией 17 – 28 г/дм<sup>3</sup>. Воды напорные. Напорный уровень отмечается в скважинах на абсолютных высотах 50 – 55 м (Булдырь), 76 м (М. Толкиш) и до 102 м (Елань).

На рисунке 6 отображено изменение химического состава подземных вод в Аксубаевском районе с изменени-

3 л/сек и была сульфатный и минерализацию до 5 г/дм<sup>3</sup> и отмечался сильный запах сероводорода. Но уже из верейских отложений  $C_2$  (глубина 742 м) минерализация воды составила 118-143,66 г/дм<sup>3</sup>. По вкусу эти воды горько-соленые, с концентрацией HCO<sub>3</sub> равной 7,3 (0,36 %-экв), а SO<sub>4</sub> – 49,3 мг-экв/дм<sup>3</sup> (2,4 %-экв).

Характерной особенностью каменноугольных отложений является довольно однообразный литологический

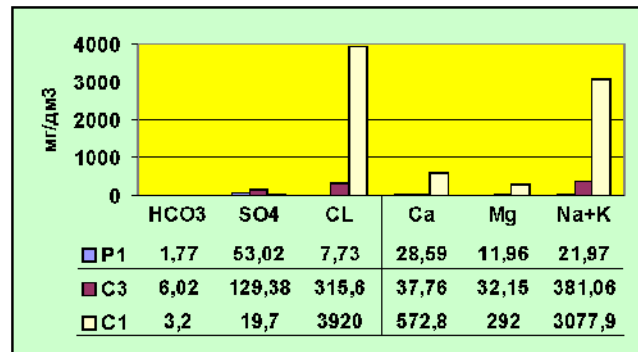


Рис. 6. Изменение состава подземных вод с глубиной для центральной части восточного борта Мелекесской впадины (пгт Аксубаево-с.Верх.Баланда).

состав. Перерывы в осадконакоплении установлены по наличию разрывов. Последние отмечены в  $C_1$  (конец турнейского века) и в  $C_2$  (конец башкирского века). Перерыв в осадконакоплении в конце турне продолжался в течение угленосного и тульского времени, и сопровождался накоплением глин, алевролитов и песчаников с прослоями мергелей и известняков. Перерыв в течение верейского и каширского времени отмечается накоплением пород аналогичного литологического состава. Именно по границе развития верейских терригенных отложений проводится граница смены нижнего и среднего гидродинамических этажей.

Зона затрудненного водообмена включает все водоносные подразделения ниже верейского водоупора, вплоть до кристаллического фундамента, который мы здесь не рассматриваем. В пространстве она совмещена

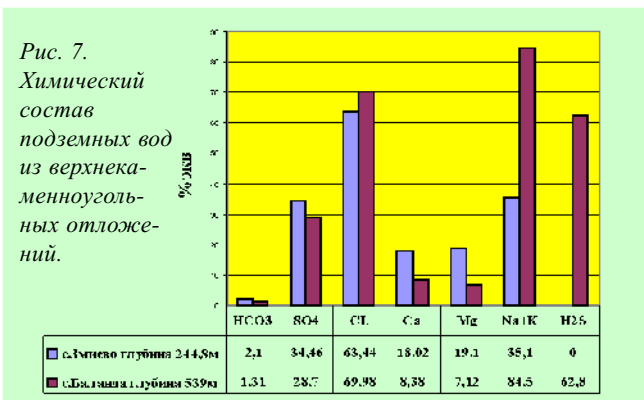


Рис. 7. Химический состав подземных вод из верхнекаменноугольных отложений.

с *нижним гидродинамическим этажом*. В этом гидродинамическом этаже выделяется пять водоносных комплексов, которые объединяются в единую гидрогеохимическую зону хлоридных рассолов (табл.). Самый верхний комплекс охватывает толщу терригенно-карбонатных пород  $C_1$  и  $C_2$  между верейским водоупором сверху и тульским – снизу. Второй комплекс распространен в  $C_1$  отложениях. Далее вниз залегает водоносный комплекс в составе раннекаменноугольных, фаменских и верхнефранских карбонатных отложений  $D_3$ . Граница между вторым и третьим комплексами проводится по косьвинскому водоупорному горизонту. Водоносный комплекс в нижнефранских и живетских обломочных породах с редкими прослоями известняков отделен от  $D_3 - C_1$  водоноса тиманским водоупором, а от водоносного комплекса кристаллического фундамента, – карлинским водоупором.

Чрезвычайно замедленное движение подземных вод согласуется с современной структурой осадочного чехла и рельефом поверхности фундамента. Питание водоносных комплексов осуществляется за счет последовательных перетоков вод сверху вниз в пределах сводов, поднятий и восходящих потоков в прогибах и впадинах. В условиях восстановительной геохимической обстановки, больших скоплений сероводорода, сульфидных минералов – происходит накопление хлоридов и натрия, отчасти кальция. Зона характеризуется условиями застойного водообмена с проявлением начальной степени метаморфизации рассолов в верхней части разреза, и с достаточно выраженной – в нижних горизонтах, для которых присущи значительные величины отношения натрия к хлору (в пределах 0,6 – 0,99). В верхней части зоны затрудненного водообмена размещена подзона хлоридных натриевых рассолов, а в нижней – подзона хлоридных кальциево-натриевых рассолов. Минерализация вод увеличивается с глубиной. Кровля рассолов находится на глубинах 480 – 490 м. Преобладающая часть рассолов заключена в карбонатных породах, где их рН колеблется от 7 и более 8. Только в толщах, сложенных обломочными породами, среда меняется на кислую, с рН ниже 7. В сторону с. Шугурово в рассолах терригенного девона рН снижается до 2,8. В газовой составляющей преобладают азот и метан. По геотермальным условиям нижняя зона характеризуется присутствием теплых вод, но температура воды вплоть до фундамента не превышает 37 °С.

Отличительной особенностью вод  $C_{1,2}$  является уменьшение вниз по разрезу концентрации сульфат-иона: с 100 – 130 мг-экв/л в  $C_2$  до 15 – 20 мг-экв/л в  $C_1$ , что подтверждает наличие двух типов подземных вод: не насыщенных сульфатами кальция и пересыщенных им. Так, в Аксубаеве в скважине № 2 на склоне структуры из серпуховского горизонта с глубины 986,5 м был отмечен сильный приток высоко минерализованной воды с удельным весом 1,16, причем максимальная минерализация 281 г/дм<sup>3</sup> зафиксирована на глубине 1057 м в  $C_1$  отложениях турнейского яруса. Статический уровень водоносного горизонта при этом определился на глубине 65 м. Имеющиеся данные показывают, что это рассолы хлоридного натриевого состава с содержанием кальция 5 – 12,4 %-экв. и магния 2,5 – 12,9 %-экв., при очень малых количествах сульфатного и гидрокарбонатного ионов. Концентрация водородных ионов колеблется в пределах

6,3 – 7,6. В отдельных случаях в воде имеется растворенный сероводород (29,37 – 368,9 мг/дм<sup>3</sup>).

В водах  $C_2$  отложений встречены (в мг/дм<sup>3</sup>): сероводород до 133,75 – 476,74; бром до 31,84 – 58,4; йод до 5,07; барий 1,18 – 1,9; стронций до 170,17; аммоний до 10,08 – 849,6.

Водоносность угленосной свиты  $C_1$ , которая сложена обломочными песчано-глинистыми породами, изучена по данным скв. № 1 и 4 в районе с. Булдырь, что к северо-востоку от г. Чистополь. Здесь мощность свиты самая наименьшая, причем в скв. № 4 она и вовсе отсутствует, т.к. на глубине 960 м непосредственно на турнейских отложениях залегают тульские слои. В скв. № 1 (затон против д. Булдырь) мощность свиты достигает 60 м. Они залегают на размытой поверхности известняков турнейского яруса и даже  $D_3$ . Водопроявления в скв. № 1 были выявлены в интервале 985,5 – 987,5 м. Первоначальный уровень в скважине был на глубине 15 м (абс. отм. 38,75 м). Понижение составило 25 м, а дебит 0,6 м<sup>3</sup>/час. Всего было найдено восемь водоносных прослоев. Шесть из них приурочены к песчаникам и два – к переслаиванию песчаников, прослоев углей и углистых сланцев. После прострела нижнего горизонта вода из скважины самоизливалась. Уровень воды в скважине установился на глубине 20 м от устья (абс. отм. 19 м). Минерализация рассола колебалась в разных горизонтах от 236 до 281 г/дм<sup>3</sup> с удельным весом 1,149 – 1,173. В отдельных пробах отмечено присутствие сероводорода. Характер изменения химического состава из  $C_1$  отложений показан на рис. 8. Анализируя его можно видеть, что независимо от глубины залегания водоносных отложений состав воды практически не меняется, оставаясь постоянно хлоридным натриевым. Такая же ситуация наблюдается и к востоку от описываемой территории, к примеру, в районе с. Шугурово, где в скв. № 7 водоносными являются песчаники угленосной свиты, в которых рассолы имеют хлоридный натриевый состав, минерализацию равную 225 г/дм<sup>3</sup> и удельный вес 1,15 при незначительном содержании сероводорода. Статический уровень установлен на абсолютной отметке 21,5 м.

В водах раннего карбона встречаются: бром (до 594,73 мг/дм<sup>3</sup>), йод (до 7,07 мг/дм<sup>3</sup>), барий (до 1,18-3 мг/дм<sup>3</sup>), стронций (до 953,01 мг/дм<sup>3</sup>), аммоний (до 16-205 мг/дм<sup>3</sup>), железо (до 30 мг/дм<sup>3</sup>), фтор (до 1.8 мг/дм<sup>3</sup>) (Галеев, Станкевич, 1964).

Разрез осадочного чехла завершается комплексами карбонатного и терригенного девона. Толщи карбонатного девона охватывают водоносные комплексы фаменского яруса и верхнефранского подяруса, включающих пашийские и кыновские слои, а также доманик с прослоями песчаников в основании. Ниже в толще терригенного девона водоносные комплексы приурочены к нижнефранским и живетским обломочным породам с редкими прослоями известняков и породами доживетской толщи. Тип вод смешанный пластово-трещинный, особенно в сводовых частях структур. В районе Аксубаево в верхней части  $D_3$  отложений отмечается загипсованность пород в виде прослоев различной мощности. В разрезе терригенного девона воды высокоминерализованные до 198,3 – 278,0 г/дм<sup>3</sup> с удельным весом 1,16 – 1,164.

Нижний водоносный горизонт, охватывающий эллю-

вий метаморфизованных пород и породы кристаллического фундамента, залегает на глубинах 1780 м (с. Былдырь) - 1980 м (Аксубаево). Отложения достаточно водообильны, возможны даже самоизливы. Воды этой подзоны исключительно хлоридные, почти не содержащие сульфатов ( $< 1$  мг-экв/л), с минерализацией 250-300 г/л и удельным весом 1,17 – 1,19. Среди катионов преобладают натрий (до 58,4 %-экв) и кальций (до 35,4 %-экв).

На территории восточного борта Мелекесской впадины неоднородность химического состава подземных вод достаточно хорошо видна из приведенной характеристики гидрогеологических условий. Водоносные горизонты в осадочной толще содержат воду с самой низкой, т.е. пресную воду, высокой и очень высокой минерализацией. В осадочной толще выделяется три гидрогеохимические зоны подземных вод: верхняя – пресных гидрокарбонатных вод, средняя – соленых сульфатных вод и нижняя – хлоридных вод и рассолов. Целесообразность такого разделения столь различных типов вод очевидна и не вызывает сомнений. Однако в конкретно взятых условиях, в частности для восточного борта Мелекесской впадины, такое разделение не охватывает всего разнообразия типов вод. Приведенные выше материалы показывают, что здесь определилась необходимость выделения еще двух гидрогеохимических подзон – гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатно-хлоридных вод. Эти две новые подзоны занимают промежуточное положение между тремя выделенными геохимическими зонами. Вместе с этим новые подзоны нельзя рассматривать как переходные или промежуточные в смысле их значения. Они являются самостоятельными и равными другим выделенным зонам, заключающим определенные типы вод, как по составу, так и величинам минерализации. Формирование вышеописанной гидрогеохимической зональности обусловлено геологической историей района, в ходе которой происходила неоднократная смена континентального и морского режимов осадконакопления. История формирования подземных вод всех гидрохимических зон, их вещественный состав и распространение подробно описаны во многих публикациях.

Приведенное расчленение водоносной толщи по геохимическим зонам должно быть понято как обобщение. Как можно судить по приведенным кратким описаниям особенностей изменения химического состава подземных вод, каждая из зон весьма неоднородна. Это относится и к степени минерализации воды, так и к типам минерализации. Тип воды в значительной степени связан с величиной минерализации, меняется при колебаниях степени минерализации воды только в верхней и средней гидрохимических зонах. Например, в зоне сульфатных вод, в более минерализованных прослоях располагаются сульфатно-хлоридные воды, а в менее минерализованных – гидрокарбонатно-сульфатные. Такая же пестрота наблюдается и в гидрокарбонатной и гидрокарбонатно-сульфатной подзонах. Менее всего подвержен изменению тип воды в хлоридной зоне, и это несмотря на столь резкие колебания в количестве растворенных солей. Величина минерализации по геохимическим зонам колеблется в следующих пределах: в гидрокарбонатной и гидрокарбонатно-сульфатной 9,2 – 1,5 г; сульфатной от 1,5 до 4,5 г, очень редко до 6 г; сульфатно-хлоридной

от 3 до 25 г, редко до 28 г и в хлоридной зоне от 8 – 10 до 290 г. Примером резкого колебания минерализации рассолов в зоне замедленного водообмена могут служить данные по скважине в с. Булдырь на р. Кама. На глубине 910 м величина минерализации равна 145 г/дм<sup>3</sup>, на гл. 980 м – 113, 1054 м – 261 г/дм<sup>3</sup>, 1090 м – 207 г/дм<sup>3</sup>, 1110 м – 289 г/дм<sup>3</sup> и на гл. 1120 м – 240 г/дм<sup>3</sup>.

Выделенную гидрохимическую зональность подземных вод восточного борта Мелекесской впадины, учитывая, что большинство месторождений нефти находятся в начальной стадии разработки, следует рассматривать как естественную (фоновую). В дальнейшей работе это может стать отправным моментом для оценки техногенной нагруженности на геологическую среду и экологического состояния подземных вод (Бубнов и др., 2000).

В заключение остановимся кратко на особенностях изменения состава и качества подземных вод, которые возможны при дальнейшей разработке месторождений нефти. Оценивая ситуацию в целом, следует констатировать, что на территории распространены воды естественного природного состава, а на отдельных участках встречаются воды с допустимым уровнем техногенного загрязнения и качества. Это особенно касается вод зоны активного водообмена. Тем не менее, необходимо указать, что увеличивающаяся техногенная (антропогенная) нагрузка на подземные воды носит как прямой, так и косвенный характер. Здесь обязательным является необходимость учета того факта, что на территории восточного борта Мелекесской впадины прямые свидетельства влияния этой деятельности на качество подземных вод зачастую отсутствуют или проявились еще не в полной мере. Чаще встречаются признаки влияния сельскохозяйственной деятельности, в частности, отмечается превышение ПДК по нитратам. Либо фиксируются высокие концентрации сульфатов, что легко объясняется природным фактором. Следовательно, уровень загрязнения природных вод следует назвать, как начальный (главным образом по минерализации). Об этом свидетельствуют вычисленные обобщенные значения загрязнения (суммарный показатель) для вод основных водоносных комплексов, величина которых не больше 1, а в случае использования 4-х нормируемых компонентов и при условии соответствия предельно допустимой концентрации по каждому из них, не более 4; гораздо реже рассчитанная величина выше этого значения.

Таким образом, учет гидрохимической зональности при построении ПДМ позволит ускорить нахождение загрязненных участков, путей миграции высоко минерализованных вод (рассолов), а также различных химикатов. Последние, как известно, широко применяются при добыче нефти и газа, как растворители и чистящие растворы. Поэтому они также являются потенциальными источниками загрязнения грунтовых вод. Естественно, что при разработке нефтяных месторождений важным вопросом является не только уточнение представления о гидрогеологии исследуемой территории или химическом составе подземных вод, сколько более детальные гидрогеологические и гидрохимические работы. Опыт производства подобного рода работ показывает, что гидрогеохимические исследования должны комплексироваться с геофизическими методами, такими как зондирование,

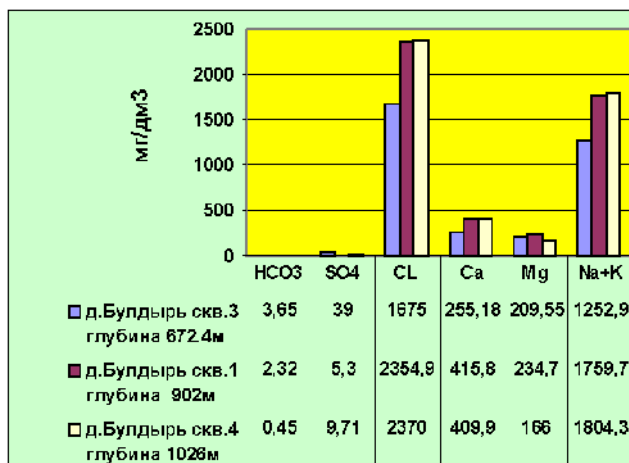


Рис. 8. Химический состав подземных вод из раннекаменноугольных отложений северной части восточного борта Мелекесской впадины.

электро-, грави- и магниторазведка с более тщательным изучением очагов загрязнения методом симметричного и вертикального профилирования, резистометрии и т.д.

### Литература

- Афанасьев Т.Ф. *Подземные воды Среднего Поволжья и Прикамья и их гидрохимическая зональность*. М. Изд-во АН СССР. 1956.
- Бубнов Ю.П., Гатиятуллин Н.С., Медведев А.М. О создании системы мониторинга геологической среды (из опыта проведения мониторинга подземных вод на юго-востоке Республики Татарстан). *Мониторинг геологической среды, активные эндогенные и экзогенные процессы*. Казань. Изд-во КГУ. 2000. 153-166.
- Муслимов Р.Х., Булыгин Д.В., Суркова А.Н. Построение моделей крупных геоструктурных зон – новый этап изучения недр Республики Татарстан. *Георесурсы*, № 2. 2001. 22-26.
- Галеев У.З., Станкевич Е.Ф. *Подземные воды Восточного Закамья*. Труды Казан. Фил. АН СССР. Казань. 1964. 115.

*Евгения Евгеньевна Андреева*

ГУП НПО “Геоцентр РТ”; *Круг научных интересов – геофизика и геофизические методы поисков полезных ископаемых.*



*Виталий Михайлович Федотов*

к.г.-м.н., *ведущий геолог ТНЦ “Гидромониторинг”*. *Область научных интересов - геохимия, региональная геология, металлогения, экология, минералогия, литология, методы прогноза, поисков и разведки полезных ископаемых. 50 научных публикаций.*



*Дмитрий Викторович Фролов*

начальник *Территориального научно-производственного центра “Гидромониторинг”*. *Круг научных интересов - экология. Автор 5 научных статей.*



Р.Х. Сунгатуллин

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ (на примере Нижнекамской площади)



Под ред Т.М. Акчурина и С.А. Горбунова – Казань: Изд-во “Мастер-Лайн”, 2001.-140с., ил.104, табл. 41. Библ. 156 наим.

Монография посвящена всестороннему изучению верхней части осадочного чехла Восточно-Европейской платформы. Оригинальные геологические, тектонические, палеонтолого-стратиграфические, геохимические, геофизические и экологические материалы крупномасштабной геологической съемки на Нижнекамской площади Республики Татарстан послужили основой для комплексного анализа геологического пространства. Примененные методы математической обработки и географические информационные системы позволили выявить новые качественные и количественные критерии исследования недр в зоне совместного проявления биотических и геологических процессов. Рассмотрены вопросы, связанные с “эколого- геологической безопасностью” поисково-разведочного процесса в области непосредственной человеческой жизнедеятельности. Книга предназначена для геологов, экологов, геохимиков, геофизиков, занимающихся геологическим картированием осадочных комплексов.

Печатается по решению Научно-технического совета Госгеолкома РТ.

**Редакционная коллегия:** Т.М. Акчурин, М.Я. Боровский, Н.Н. Ведерников, С.А. Горбунов, С.Г. Кулешов, И.Ш. Мангутов, Р.Х. Муслимов, А.К. Назипов, Р.Ф. Салаватуллин, Е.А. Тарасов, Р.М. Файзуллин, Ф.М. Хайретдинов, Н.С. Чуприна, Ф.Ф. Шагидуллин; **Рецензенты:** доктор геолого-минералогических наук И.Н. Тихвинский, кандидат геолого-минералогических наук В.В. Силантьев

Р.Х. Сунгатуллин, 2001; Госгеолком РТ, 2001; РГГП “Татарстангеология”, 2001