Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIV, вып. 2, 1958 г.

К ГИДРОГЕОЛОГИИ И ГИДРОХИМИИ ЧЕЛЯБИНСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Н. П. Красильникова

Настоящая статья представляет краткое изложение результатов нефтепоисковых гидрогеологических исследований, проведенных автором в 1952—1954 гг. в пределах Челябинского буроугольного района между 61—62° восточной долготы и 54°20′—55°30′ северной широты. Помимо данных собственных исследований, использованы фондовые материалы треста Челябуглеразведка и в том числе работы В. Н. Кулаковой, А. П. Сирмана, П. А. Киселева и др. Некоторые данные по гидрохимии Челябинского района приведены в работе М. С. Гуревича (ВСЕГЕИ, 1953 г.).

В геологическом строении описываемого района принимают участие три различных по генезису и условиям залегания комплекса образований: палеозойский, нижнемезозойский и мезокайнозойский. Сложно дислоцированные осадочные, изверженные и метаморфические породы палеозоя служат фундаментом для более молодых образований. На поверхность они выходят главным образом в западной части района, а на остальной площади зелегают на различной глубине под толщей нижнемезозойских и мезокайнозойских отложений.

В центральной части района палеозойский складчатый фундамент залегает на глубине 1500—3500 *м* под рэт-лейасовыми угленосными отложениями, выполняющими впадину в палеозойских породах. В восточной части района и в пределах небольшой полосы, расположенной западнее грабена, палеозойские породы залегают непосредственно под верхнемеловыми и третичными отложениями на глубине 50—180 *м*.

Челябинский грабен имеет северо-северо-восточное простирание. Протяженность его от р. Течи на севере до р. Уй на юге около 200 *км*. Максимальная ширина депрессии — 15 *км* — наблюдается в районе г. Копейска, южнее, в районе г. Коркино, — 6 *км* и минимальная на р. Уй — 0,2 *км*. Глубина депрессии в Копейском районе достигает 3500 *м*, к югу уменьшается до 200 *м*. С запада и востока депрессия ограничена зонами крупных тектонических разломов, образовавшихся в результате древнекиммерийских движений. Грабен имеет асимметричный поперечный профиль, западный борт его крутой, восточный более пологий, ступенчатый.

Между западным палеозойским обрамлением и Челябинским грабеном расположена цепочка депрессий второго порядка, представляющих собой террасовый уступ в рельефе палеозойского массива, ограниченный с запада и востока сбросами. Депрессии разобщены вало-

образными широтными поднятиями палеозойского фундамента. Одна из депрессий, расположенная в Коркинском районе и названная «припалеозойской», разведана поисковыми на воду скважинами. Протяженность ее около 10 *км,* ширина на юге 2 *км,* на севере 4 *км.* Глубина в среднем 50—60 *м,* а в отдельных пунктах значительно больше. Выполнена припалеозойская депрессия, так же как и другие депрессии этой зоны, меловыми и третичными отложениями. Палеозойское обрамление на западе в рельефе резко выражено уступом, в основании которого на отдельных участках располагаются источники. Палеозойские образования литологически представлены известняками, мраморами, песчаниками, гранитами, гранодиоритами, аплитами, порфиритами, габбро и различными метаморфическими сланцами.

Толща триас-юрских отложений представлена терригенными осадками, среди которых выделяются в основном две свиты: нижняя — чумлякская (непродуктивная) и верхняя — коркинская (продуктивная).

Чумлякская свита характеризуется преимущественно грауваккковым составом. Представлена песчаниками, гравелитами, конгломератами и аргиллитами.

Коркинская свита характеризуется преобладанием обломочного материала аркозового состава над грауваккковым. Представлена она песчаниками, алевролитами, аргиллитами, углистыми образованиями и углями.

Чумлякская свита в целом отличается от коркинской более резкой и частой сменой аргиллитов песчаниками и гравелитами с общим преобладанием крупнозернистых отложений над глинистыми.

На отдельных участках в последнее время местными геологами выделяется третья камышинская свита, залегающая в краевых частях грабена. Точное стратиграфическое положение ее в разрезе триас-юрских отложений не установлено. Литологически камышинская свита представлена плохо отсортированными, уплотненными конгломератами, гравелитами и песчаниками грауваккового или аркозового состава.

Триас-юрские отложения смяты в две почти меридиально-вытянутые синклинальные складки, разобщенные так называемой «главной антиклиналью». Оси складок ундулируют, образуя целый ряд брахиструктур. Кроме пликативных, наблюдается большое количество дизъюнктивных нарушений различных направлений. Центральная часть полосы нижнемезозойских пород образует валообразное поднятие в пределах всей разведанной площади месторождения.

На размытой поверхности палеозойских и нижнемезозойских пород трансгрессивно залегают морские отложения мела и палеогена и континентальные образования верхнетретичного и четвертичного возрастов. Мощность меловых и третичных отложений на западном борту грабена 50 *м* и более, на восточном — увеличивается до 180 *м* и резко снижается в центральной части раойна. Меловые отложения литологически представлены песками, песчаниками и опоковидными глинами.

По условиям циркуляции и стратиграфическому положению водоносных толщ в разрезе можно выделить следующие типы подземных вод: 1) трещинные и трещинно-карстовые воды палеозойских образований; 2) пластовые трещино-поровые воды триас-юрских отложений; 3) пластовые трещинно-поровые и поровые воды меловых отложений; 4) трещинно-пластовые воды третичных отложений; 5) грунтовые воды третичных и четвертичных отложений.

В бортовых частях Челябинского грабена обнажаются узкие полосы карбонатных пород силура, девона и карбона, зажатые между кристал-

лическими и метаморфическими образованиями, в различной степени трещиноватыми. В целом водообильность пород палеозоя невелика. Наиболее водообильны трещиноватые, частично закарстованные известняки, в меньшей степени — мраморы и кристаллические породы. В южной части района источники, связанные с карбонатными породами, дают истоки небольшим рекам — Еманжелинке, Силкиной, Каменке. Дебит отдельных источников доходит до 3 *л/сек*. По данным откачек воды из скважин (фондовые материалы треста Челябуглеразведка), коэффициент фильтрации известняков колеблется от нескольких метров в сутки до 40—60 *м/сутки*.

Граниты и гранодиориты практически водоносны до глубины 30—40 *м*. Источники, связанные с водоносными гранитами в пределах Челябинского массива, обладают дебитом от сотых долей литра в секунду до 1,5 *л/сек*. Метаморфические сланцы и порфириты характеризуются еще меньшей водообильностью, однако в зонах тектонических разломов они обладают значительной водообильностью. Среди нижнемезозойских угленосных отложений водоносными являются угли, песчаники, конгломераты и частично алевролиты. Аргиллиты практически водоупорны.

Сложное, многократное переслаивание водопроницаемых и водоупорных слоев и наличие синклинальных структур обусловило в продуктивной угленосной толще появление серии напорных водоносных горизонтов, образующих артезианские бассейны. Нередко наблюдается самоизлив скважин.

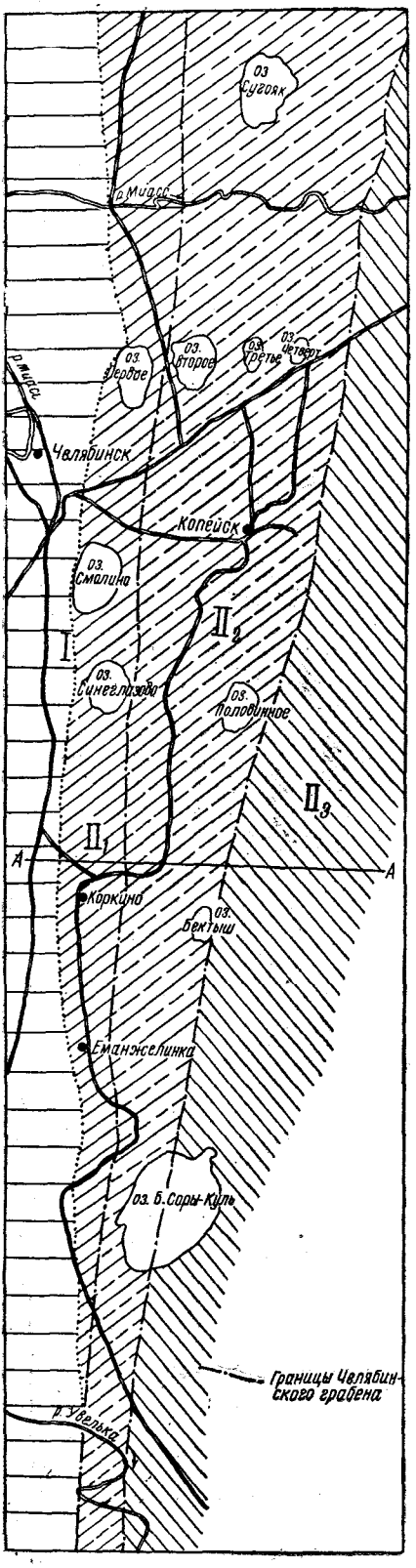
Вследствие фациальной изменчивости пород, наличия большого количества дизъюнктивных нарушений, а также нарушенности сплошности слоев разведочными и эксплуатационными выработками в верхней части толщи триас-юрских отложений образовался сложный комплекс гидравлически связанных водоносных горизонтов.

Водообильность пород продуктивной толщи невелика, так как многочисленные горные выработки, пройденные в верхней части разреза, ее дренируют.

Приток воды в шахты до глубины 100—150 *м*, по данным треста Челябуглеразведка, составляет 50—80 *м*^{3}*/час* (редко 100—150 *м*^{3}*/час*). С глубиной водообильность снижается. Приток воды в нефтепоисковые скважины на глубине свыше 1000 *м* составляет десятые и сотые доли кубических метров в сутки.

Среди меловых отложений водоносными являются кварцево-глауконитовые песчаники, к которым приурочен самый водообильный в районе трещинно-поровый напорный водоносный горизонт. Воды меловых отложений обладают напором до 40—60 *м* и более над кровлей водоносного горизонта. Удельный дебит скважин изменяется от 0,1 до 3,73 *л/сек*. Коэффициент фильтрации колеблется от 1 до 45 *м/сутки*.

В разрезе третичных отложений наиболее значительная водообильность наблюдается в кремнистых трещиноватых опоках, расположенных в основании толщи. Кремнистые опоки залегают в центральной части грабена на глубине нескольких метров и за пределами его — до 45—50 *м*. Незначительная глубина залегания способствует питанию атмосферными осадками приуроченного к ним водоносного горизонта. Располагаясь непосредственно на продуктивной толще или меловых отложениях, подземные воды кремнистых опок гидравлически связаны с водами этих отложений. Удельный дебит скважин, вскрывших опоковый горизонт, 0,3—1,34 *л/сек*. Подземные воды часто обладают напором до 40 *м* и более, так как перекрыты относительно водоупорными глинами.



На некоторых участках, в верхней части третичных отложений, залегают кварцевые пески различного гранулометрического состава мощностью от 2 до 12 *м*. Иногда в основании песков расположены линзы гравия мощностью до 3—6 *м*. Третичные пески водоносны, водообильность же их изучена мало. В южной части района (пос. Увелька) с водоносным горизонтом кварцевых песков связано несколько источников с дебитом от 0,5 до 1,5 *л/сек*.

Четвертичные образования в районе имеют ограниченное распространение и незначительную мощность. Водоносными среди них являются аллювиальные отложения и линзы песка в покровных суглинках. В целом водоносность четвертичных образований очень незначительна и мало изучена. Выдержанных, более или менее водообильных горизонтов в них не наблюдается.

Грунтовые воды — пресные, иногда используются местным населением для водоснабжения (мелкие, маловодообильные колодцы).

Район Челябинского буроугольного бассейна по гидрогеологическому строению неоднороден. В пределах изученной территории нами выделены два основных гидрогеологических района (по общей схеме районирования подземных вод СССР Н. И. Толстихина) [4], имеющих близкое к меридиональному простиранию (рис. 1): район *I* — окраина восточного склона Урала, восточный округ стока Уральской гидрогеологической складчатой области, район *II* — западная окраина Тобольского артезианского бассейна, часть области питания меловых и третичных водоносных горизонтов его.

В районе *II* можно выделить три гидрогеологических района второго порядка (с запада на восток): II_1 западный — зона депрессий второго порядка; II_2 центральный — Челябинский грабен; II_3 восточный —

Рис. 1. Схема гидрогеологического районирования Челябинского буроугольного бассейна:

I—гидрогеологический район первого порядка;

$II_{1, 2, 3}$ — гидрогеологические районы второго порядка

территория, расположенная восточнее Челябинского грабена, — Западно-Сибирская платформа.

Гидрогеологический район *I* в пределах описываемой территории имеет ширину до 10 *км* и за ее границами распространен в сторону Уральского водораздела. Здесь развиты главным образом трещинные воды тектонических разломов и зоны выветривания и карстовые воды карбонатных пород. В пределах разреза палеозойских образований воды обычно пресные с минерализацией до 1 *г/л*, гидрокарбонатные, углекислоазотные. Характерный химический коэфициент $\frac{r\,Na}{r\,Cl} > 1$. Иод, бром и нафтеновые кислоты в составе воды не обнаружены (табл. 1, анализы 2, 3, 4 и табл. 2, анализы 15, 16, 17). Примером может служить вода из источника 10 в дер. Тимофеевке:

$$M_{0,6}\,\frac{HCO_3 81\ SO_4 13\ Cl 10}{Ca 41\ Na 37\ Mg 22}.$$

Состав растворенного газа: CO_2 — 35%; N_2 — 65%. Незначительная величина коэффициента $\frac{He}{Ar}$, равная 0,00126, указывает на интенсивный водообмен подземных вод.

Таким образом, на территории первого района выделяется одна вертикальная гидрохимическая зона (*А*) пресных углекислоазотных, гидрокарбонатных вод. Мощность ее, по данным разведочных скважин, составляет не менее 150 *м*. Положение нижней границы зоны пресных вод в гидрогеологическом районе *I* не установлено из-за отсутствия глубоких скважин на его территории.

Гидрогеологический район *II*, занимающий основную площадь описываемой территории, представляет собой западную окраину Тобольского артезианского бассейна. С запада на восток в пределах района выделяются районы второго порядка с различными гидрогеологическими условиями.

Первый район второго порядка II_1 — зона западных депрессий, в пределах которой изучена главным образом «припалеозойская депрессия». Здесь выделяются два комплекса водоносных пород: 1) палеозойский фундамент, в котором развиты преимущественно трещинные воды; 2) меловые и третичные отложения с напорными порово-пластовыми и трещинно-пластовыми водами, залегающими на фундаменте.

Водоносные горизонты меловых и третичных пород западной зоны входят в водоносный комплекс Тобольского артезианского бассейна. Однако бóльшая часть их непосредственной связи с соответствующими горизонтами бассейна не имеет, будучи отрезанной от них Челябинской депрессией. Движение подземных вод из этой зоны в северо-восточном направлении происходит через породы триас-юрской толщи, выполняющей эту депрессию. Как трещинные воды палеозойских пород фундамента, так и пластовые артезианские воды третично-меловых отложений первого района второго порядка (II_1) относятся к пресным водам гидрокарбонатно-кальциевым и гидрокарбонатно-натриевым, углекислоазотным (см. табл. 1, анализы 5, 19, 24 и табл. 2, анализы 6, 3). Для примера приведем состав воды из скважины 23^г Коркинского района

$$M_{0,5}\,\frac{HCO_3 73\ SO_4 16\ Cl 11}{Na 36\ Mg 34\ Ca 30}.$$

Состав растворенного газа: CO_2 — 24,9%; N_2 — 75,1%. Коэффициент $\frac{He}{Ar}$, равный 0,0017—0,0196, характеризует эту часть разреза как зону свободного водообмена.

Таблица 1

Химический состав подземных вод Челябинского буроугольного бассейна

Номер анализа	Место взятия пробы	Глубина скважины, *м*	Геологический возраст водоносной породы	Минерализация, *г/л*	Содержание ионов, *мг/л* / *экв %*						Содержание микрокомпонентов, *мг/л*			Примечание
					Ca	Mg	Na	HCO_3	SO_4	Cl	J	Br	нафтеновые кислоты	
1	Дер. Камышитово, источник 14	—	Pz	0,206	20 32	18,5 49	13,8 19	76,92 77	13,46 13	9,62 10	Не обнаружено			
2	Дер. Тимофеевка, источник 10	—	То же	0,603	82 41	26,8 22	84 37	366 61	64,6 13	35,4 10	То же			NO_3 — 16 *экв.* %
3	Близ дер. Ключи, источник 13	—	»	0,280	48,1 47	21,6 34	22,5 19	250 80	21,8 9	21,2 11	»			
4	Дер. Васильевка, источник 9	—	»	0,319	68 62	19,2 27	14 11	268 80	52,2 20	8 0,3	»			
5	В 1700 *м* севернее сел. Глубокого, скважина 48г	126	Pz, Cr, Tr	1,319	126,6 32	71,2 29	180,7 39	287 24	422 44	232 32	»			
6	Коркинский р-н, скважина 102г	83	Pz, Cr_2	0,340	40,7 39	27,5 43	21,15 18	258,6 81	41,9 17	4 2	»			
7	Коркинский р-н, скважина 89г	75	То же	0,396	42,8 31	19,8 23	73,1 46	319,6 75	19,3 6	46,1 19	Не определялось			
8	Камышинский р-н, скважина 940г	740	$T_3 + J_1$	22,950	222,4 3	129,2 3	8478,8 94	244 1	—	12715 99	Не обнаружено	4	4	
9	Дер. Ключи, скважина 4к	158	То же	2,39	71,7 9	55,0 11	740 79	293 11	18 1	1244 88	Не обнаружено		0,2	
10	Левый берег р. Миасс, скважина 784	100	»	0,602	—	—	238,4 100	421 66	38,4 8	95,2 26	То же			
11	Гор. Коркино, скважина 107г	75	»	0,662	48,0 26	30,4 26	103,9 48	268 47	124 27	87,11 26	»			
12	Еманжелинский р-н, скважина 21г	206,9	»	7,166	645 25,6	535 34,9	1146 39,5	408,7 5,32	1537 25,3	3098 69,3	Не определялось			

13	Еманжелинский р-н, скважина 80г	115	»	13,473	1158 20,4	1250 41,9	1158 20,4	183 1,22	1702 14,46	7328 84,3	То же			
14	Камышинский р-н, скважина 3г	86,5	»	38,880	847 6,20	2629 31,3	9779 62,5	628 1,5	6759 20,5	18884 78	»			
15	Еманжелинский р-н, скважина 824г	113	»	13,416	388,5 8,76	637 23,6	3440 67,6	786 5,84	3299 31	637 23,6	»			
16	Коркинский р-н, скважина 2к	260	»	11,800	137,8 4	140,6 6	3940,5 90	207 2	12,0 0,1	6568 98	Не обнаружено	7	3	
17	В районе оз. Сугояк, скважина 1073	301	»	7,050	125,8 5	108 7	2477 88	219 3	4 0,1	4200 97	1	13	0,3	
18	В районе оз. Сугояк, скважина 1060	289	»	5,189	61,1 3	61,2 6	1883 91	244 4	4 0,08	3030 96	0,3	10	0,2	H_2SiO_3 — 18 *мг/л*
19	Гор. Коркино, скважина 23г	76	Cr_2, Tr	0,506	49 30	34,5 34	68,5 36	366 73	65,4 16	31,9 11	Не обнаружено			H_2SiO_3 — 53 *мг/л*
20	Коркинский р-н, скважина 112г	60	То же	0,680	58,7 28	30,5 23	120,5 49	384,0 59	105,00 20	77,90 21	То же			
21	Коркинский р-н, скважина 110г	75	Tr	0,989	94,5 33	38,6 21	152,2 46	330 37	195,5 28	179 35	»			H_2SiO_3 — 40 *мг/л*
22	Пос. Федоровка, источник 8	—	То же	1,03	94,2 39	36,0 5	100,5 36	354 49	183,1 32	81,5 19	»			
23	Дер. Кичигино, источник 15	—	»	0,454	70,1 46	41,5 41	18,4 10	280 60	53,4 15	32 12	»			NO_3 — 12 *мг/л*
24	Пос. Увелька, скважина 1	44	»	до 1	64,1 52	31,6 42	8 6	198 53	137 46	2 1	»			
25	Пос. Подземгаз, скважина 19г	152	»	1,05	88,7 30	25,2 14	189,5 56	494,0 55	117,0 17	138,0 28	»			H_2SiO_3 — 43 *мг/л*
26	Козыревский р-н, скважина 55г	85	»	1,385	73,7 42	21,2 20	74,7 38	390,0 74	75,3 18	24,8 8	»			H_2SiO_3 — 16 *мг/л*

Примечание. Анализы выполнены в гидрохимической лаборатории ЕСЕГЕИ (за исключением анализов № 6, 7, 12, 13, 14, 15 — данные Челябуглеразведки).

Таблица 2

Химический состав газов, растворенных в подземных водах Челябинского буроугольного бассейна

Номер анализа	Место взятия пробы	Геологический возраст водоносных пород	Минерализация воды, *г/л*	Общая обогащенность воды газом, *см³/л*	Общая упругость газа, *атм*	Состав газа, %						Содержание O_2 до исключения, %	$\frac{He}{Ar}$
						CO_2 + H_2S	CH_4	тяжелые углеводороды	N_2 и редкие	в том числе редкие: Гр. Ar	в том числе редкие: Гр. He		
1	Пос. Федоровка, источник 8	Tr	1,03	0,024	1,261	21,0	Не обнаружены		79,0	1,8	0,004	0,8	0,0022
2	Пос. Кичигино, источник 15	Tr	0,454	0,018	0,869	7,45	То же		92,55	2,17	0,0026	2,8	0,0012
3	Пос. Увелька, скважина 1	Tr	До 1	0,0275	0,987	30,5	" "		69,4	1,42	0,025	2,5	0,0017
4	Пос. Подземгаз, скважина 19	Tr	1,051	0,036	1,113	38,3	0,1		59,0	1,23	0,0144	0,7	0,0117
5	Козыревский район, скважина 55г	Tr	0,659	0,046	1,259	50,0	Не обнаружены		50,0	0,945	0,00017	0,8	0,00018
6	Гор. Коркино, скважина 23г	Cr_2Tr	0,681	0,0253	1,05	24,9	<0,1		75,1	1,54	0,0302	0,0	0,0196
7	Коркинский район, скважина 112г	Cr_2Tr	0,776	0,027	1,027	29,5	Не обнаружены		70,5	1,53	0,00008	2,2	0,00005
8	Копейский район скважина 62г	Cr_2Tr	1,383	0,0340	0,761	15,8	<0,1		84,2	1,345	0,0077	0,3	0,0057
9	Коркинский район, скважина 110г	Cr_2Tr	0,989	0,0301	1,00	39,0	<0,1		61,0	1,29	0,0079	3,9	0,0061
10	Левый берег р. Миасс, скважина 784	$T_3 + J_1$	0,597	0,027	1,238	13,8	2,2		84,0	1,0	0,0037	0,1	0,0037
11	Гор. Коркино, скважина 107г	$T_3 + J_1$	0,662	0,026	0,995	26,0	Не обнаружены		74,0	1,67	0,0054	0,4	0,00032
12	Близ фермы Заозерной, скважина 783	$T_3 + J_1$	До 1	0,0448	1,405	41,0	<0,1		59,0	1,04	0,000196	0,0	0,0002
13	Дер. Ключи, скважина 4к	$T_3 + J_1$	2,425	0,0654	2,046	7,1	75		17,9	0,355	0,0153	1,0	0,0431
14	Дер. Камышитово, источник 14	Pz	0,206	0,020	0,821	15,2	0,098		84,7	1,96	0,00173	0,7	0,00088
15	Дер. Тимофеевка, источник 10	Pz	0,603	0,0156	0,481	35,4	Не обнаружены		64,6	1,96	0,00248	9,6	0,00126
16	Близ дер. Ключи, источник 13	Pz	0,273	0,0185	0,811	5,8	Не обнаружены		94,1	2,02	0,0051	0,5	0,00266
17	Дер. Васильевка, источник 9	Pz	0,319	0,019	0,905	12,5	То же		87,5	1,89	0,0001	0,0	0,00059
	Химический состав спонтанного газа, сопровождающего самоизлив солоноватых и соленых вод												
18	В районе оз. Сугояк, скважина 1060	$T_3 + J_1$	—	—	—	0,5	88,9	0,1	10,5	0,119	0,055	0,5	0,462
19	В районе оз. Сугояк, скважина 1073	$T_3 + J_1$	—	—	0,2	—	90,6	0,1	9,1	0,091	0,052	0,0	0,517
20	Камышинский район, скважина 940г	$T_3 + J_1$	—	—	0,2	0,9	95,3	0,1	3,5	0,027	0,058	0,9	2,14

Примечание. Анализы выполнены в газовой лаборатории ВСЕГЕИ.

В третичных отложениях встречаются также пресные воды сульфатного состава, который связывается с наличием в глинах кристаллов гипса. Соответственно химическому составу подземных вод здесь в гидрогеологическом разрезе выделяется одна гидрохимическая вертикальная зона — зона *А* пресных гидрокарбонатных (реже сульфатных), углекисло-азотных вод (рис. 2). Значение характерного химического коэффициента $\frac{r\,Na}{r\,Cl} > 1$ свидетельствует о незначительной метаморфизации химического состава подземных вод зоны.

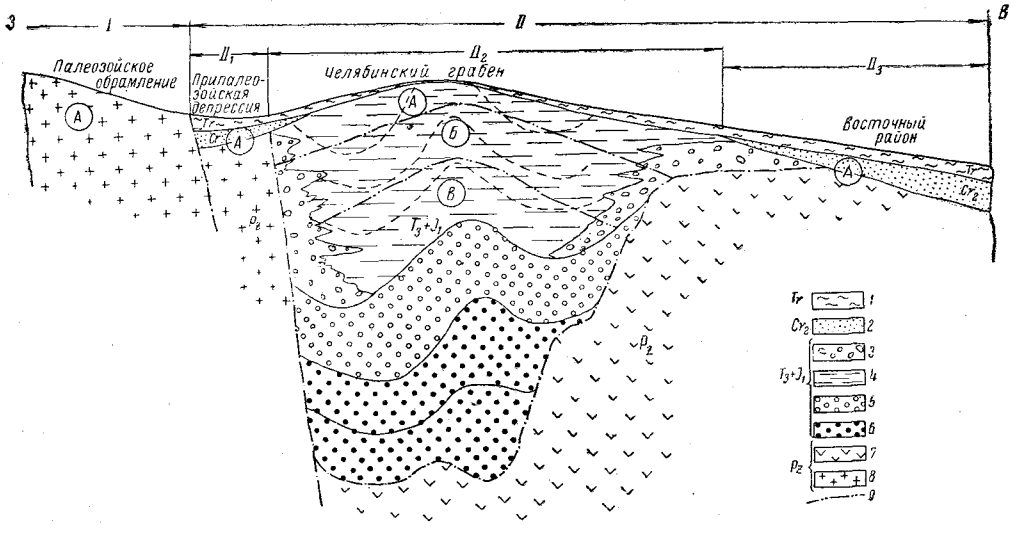


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез территории Челябинского буроугольного бассейна (по линии *А — А* см. рис. 1):

Гидрохимические зоны: *А* — пресных углекисло-азотных гидрокарбонатных вод; *Б* — солоноватых углекисло-азотных и метаново-азотных сульфатно-хлоридных натриевых вод; *В* — соленых азотно-метановых и метановых хлоридных натриевых вод; *1* — третичные отложения; *2* — верхнемеловые отложения; *3* — отложения камышинской свиты; *4* — отложения коркинской свиты; *5* — аркозово-граувакковые отложения чумлякской свиты; *6* — граувакковые отложения чумлякской свиты; *7* — порфириты; *8* — граниты; *9* — границы гидрохимических зон

Во втором гидрогеологическом районе второго порядка II_2 — Челябинском грабене выделяются два водоносных комплекса. Первый — нижний, залегающий на палеозойском фундаменте, триас-юрский с двумя артезианскими бассейнами западным и восточным, разделенными «главной антиклиналью». Каждый из бассейнов состоит из цепочки артезианских мульд, представляющих собой гидрогеологические районы третьего порядка. Второй — верхний — третично-меловой водоносный артезианский комплекс.

В разрезе второго района (II_2) сверху вниз выделяются три гидрохимические зоны (рис. 2): *А* — пресных углекисло-азотных гидрокарбонатных вод (водоносные горизонты меловых и третичных отложений и верхней части разреза триас-юрских отложений; *Б* — солоноватых, углекисло-азотных и метаново-азотных сульфатно-хлоридных натриевых вод (триас-юрские отложения); *В* — соленых, азотно-метановых и метановых хлоридно-натриевых вод (триас-юрские отложения).

Характеристика перечисленных гидрохимических зон приведена в табл. 3.

Подземные воды зоны пресных вод *А* второго района второго порядка обладают минерализацией до 1 *г/л*. По характеру солевого со-

става воды гидрокарбонатные кальциевые. Микрокомпоненты — Br, J и нафтеновые кислоты отсутствуют (см. табл. 1, анализы 10, 11). В растворенном состоянии в водах этой зоны содержатся азот и в меньшем количестве — углекислый газ (см. табл. 2, анализы 10, 11). Коэффициент $\frac{He}{Ar}$ не превышает сотых долей единицы. Характерные химические коэффициенты свидетельствуют о незначительной метаморфизации подземных вод зоны *А*. Так, например, $\frac{r\,Na'}{r\,Cl}$ всегда значительно больше единицы, что указывает на отсутствие хлоридов щелочных земель.

Таблица 3

Характеристика гидрохимических зон второго района второго порядка (II_2)

Зона	Глубина залегания от поверхности земли, *м*	Мощность зоны, *м*	Минерализация воды, *г/л*	Преобладающий солевой состав подземных вод	Преобладающий газовый состав подземных вод	Микрокомпоненты Br, J, нафтеновые кислоты
А	0	50—150	<1	Гидрокарбонатный кальциевый и натриевый	Углекислый-азотный	Не обнаружены
Б	50—150	150—350 (400)	1—10	Сульфатно-хлоридный натриевый и гидрокарбонатно-хлоридный натриевый	Углекислый-азотный и метаново-азотный	То же
В	300—500 (600)	Не установлена	10—50	Хлоридный натриевый	Азотно-метановый и метановый	Br до 13 *мг/л*, J до 1 *мг/л*, нафтеновые кислоты до 4 *мг/л*

Для примера приведем состав воды из скважины 107г.

$$M_{0,7}\,\frac{HCO_3\,47\;SO_4\,27\;Cl\,26}{Na\,48\;Mg\,26\;Ca\,26}.$$

Состав растворенного газа: CO_2 — 26%; N_2 — 74%. Коэффициент

$$\frac{He}{Ar} = 0{,}00032.$$

Зона *А* второго района второго порядка (II_2) по гидрохимическим показателям характеризуется как зона свободного водообмена.

Ниже зоны *А* на глубине от 50 *м* и более залегает гидрохимическая зона *Б* солоноватых вод. Формирующиеся в зоне *А* пресные гидрокарбонатные воды по мере удаления от области питания в глубь депрессии преобразуются в сульфатно-натриевые. Мощность гидрохимической зоны *Б* в пределах грабена переменна. В осевой части его она, по-видимому, минимальна и составляет, по данным буровых скважин, примерно 150—200 *м*. По направлению к прибортовым частям грабена мощность зоны *А*, вероятно, увеличивается до 350—400 *м*.

В пределах гидрохимической зоны солоноватых вод *Б* с минерализацией от 1 до 10 *г/л* преобладают воды сульфатно-хлоридные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые. По составу растворенных газов встречаются воды углекисло-азотные, азотно-метановые и др. (см. табл. 1, анализы 9, 17, 18 и табл. 2, анализ 13). Характерные химические коэффициенты свидетельствуют о некоторой метаморфизации подземных вод этой зоны.

При преобладающем содержании в них хлоридов натрия появляются также и хлориды щелочных земель, так как коэффициент $\frac{r\,Na'}{r\,Cl'} < 1$. Коэффициент же $\frac{r\,Cl - r\,Na}{r\,Mg} < 1$ указывает, что в воде присутствуют лишь хлориды магния, хлориды же кальция отсутствуют.

Микрокомпоненты (J, Br, нафтеновые кислоты) отсутствуют. Вода из скважины 4-К (дер. Ключи), например, имеет следующую формулу:

$$M_{2,4}\,\frac{Cl\,88\,HCO_3\,11\,SO_4\,1}{Na\,79\,Mg\,11\,Ca\,9}.$$

Состав растворенного газа: CO_2 — 7,1%; N_2 — 17,9%; CH_4 + тяжелые углеводороды—75%. Коэффициент $\frac{He}{Ar} = 0{,}0431$.

Приведенная характеристика солевого и газового составов подземных солоноватых вод зоны *Б* свидетельствует о затрудненном водообмене в пределах этой части разреза.

Гидрохимическая зона *Б* на глубине 300 *м* и более переходит в гидрохимическую зону *В* соленых вод с минерализацией от 10 до 23 (39) *г/л*. При опробовании глубоких разведочных на нефть скважин на глубине свыше 1500 *м* были отмечены сильно солоноватые воды ($M < 10$ *г/л*). Однако эти данные требуют проверки, так как скважины были опробованы недостаточно качественно.

Процессы десульфатизации подземных вод гидрохимической зоны Б на больших глубинах приводят к образованию бессульфатных вод хлоридно-натриевого состава. Преобразование солевого состава подземных вод от зоны *А* к зоне *В* сопровождается и преобразованием состава газов, растворенных в этих водах. Пресные воды зоны *А* содержат газ атмосферно-биохимического происхождения. Он состоит главным образом из азота с примесью углекислого газа. Содержание азота достигает 84%, причем, как это имеет место в скважине 784, 44% общего количества объема азота, растворенного в воде, имеет биогенное происхождение.

Солоноватые воды зоны *Б* содержат в растворенном состоянии газы атмосферно-биохимического происхождения. В них обычно присутствуют CH_4 и N_2, в небольшом количестве CO_2. Соленые воды зоны *В* содержат растворенные газы, в которых преобладает метан, второе место по процентному преобладанию занимает азот. Генезис газа биохимический.

Таким образом, в вертикальном разрезе триас-юрских отложений на глубине нескольких сот метров (во внутренних частях грабена, начиная с 300 *м*) распространена третья гидрохимическая зона *В* соленых вод. По химическому составу воды этой зоны — хлоридные натриевые. По составу растворенных газов — азотно-метановые и метановые (см. табл. 1, анализы 8, 16 и табл. 2, анализы 18, 19, 20).

Коэфициент $\frac{r\,Na}{r\,Cl} < 1$ изменяется от 0,99 до 0,4, что свидетельствует о значительной метаморфизации подземных вод. Воды гидрохимической зоны *В* содержат значительное количество хлоридов щелочных земель. Коэффициент $\frac{r\,Cl - r\,Na}{r\,Mg} > 1$, следовательно, воды наряду с хлоридами магния содержат хлориды кальция. В хлоридных кальциево-натриевых бессульфатных водах третьей гидрохимической зоны *В* отмечено присутствие микрокомпонентов.

Содержание брома по отдельным скважинам доходит до 13 *мг/л*, иода — до 1 *мг/л*, нафтеновых кислот — до 3—4 *мг/л*. Состав воды из скважины 940г, например, следующий:

$$M_{23}\frac{Cl\,99\,HCO_3\,1}{Na\,94\,Mg\,3\,Ca\,3}.$$

Состав спонтанно выделяющегося газа: CH_4 — 95,3%; тяжелых углеродов 0,1%; N_2 — 3,5%; CO_2 — 0,2%. Коэффициент $\frac{He}{Ar}=2{,}14$.

Солевой и газовый составы подземных вод характеризуют гидрохимическую зону соленых вод *Б* как зону очень затрудненного водообмена. Таким образом, значительная часть (нижняя) угленосной триас-юрской толщи находится в геохимических условиях, благоприятных для сохранения жидких и газообразных углеводородов.

Третий гидрогеологический район второго порядка (II_3) занимает территорию, расположенную к востоку от Челябинского грабена. В пределах заснятой площади он имеет ширину 10—15 *км* и прослеживается далее на восток в бассейне р. Тобол.

Подземные воды здесь приурочены к древней зоне выветривания палеозойских пород (трещинные воды фундамента артезианского бассейна) и меловым и третичным отложениям (трещинно-пластовые воды осадочного комплекса бассейна). В пределах третьего района установлена одна гидрохимическая зона пресных вод *А* мощностью более 100 *м* (рис. 2). Подземные воды этой зоны обладают минерализацией до 1 *г/л*; состав их гидрокарбонатно-кальциевый и натриевый, углекисло-азотный (см. табл. 1, анализы 5, 6, 7 и табл. 2 анализы 4, 5, 8). Коэффициент $\frac{r_a}{r_{Cl'}}>1$ указывает на незначительную степень метаморфизации их солевого состава. Хлориды щелочных земель полностью отсутствуют. Микрокомпоненты (J, Br, нафтеновые кислоты) в этих водах не содержатся. Примером может служить состав воды из скважины 112 г

$$M_{0,7}\frac{HCO_3\,59\,Cl\,21\,SO_4\,20}{Na\,49\,Ca\,28\,Mg\,23}.$$

Состав растворенного газа: N_2 — 70,5%; CO_2 — 29,5%. Коэффициент $\frac{He}{Ar}=0{,}00005$.

Таким образом, зона пресных вод *А* третьего района характеризуется свободным водообменом. Она соответствует верхней, хорошо промытой части разреза. Полная мощность зоны пресных вод в этом районе не установлена, так как в пределах разведанной части разреза солоноватые воды зоны *Б* не встречены.

Движение подземных вод на обследованной территории происходит с юго-запада на северо-восток, в сторону р. Миасс. Таким образом, подземные воды гидрогеологического района *I* проходят через верхнюю часть разреза триас-юрских отложений II_2 и идут на пополнение запасов подземных вод в меловых и третичных отложениях Тобольского артезианского бассейна II_3. Верхняя часть разреза пород, слагающих район, дренируется р. Миасс.

Для промышленного и бытового водоснабжения шахт и населенных пунктов в Челябинском бассейне наряду с поверхностными водами р. Миасс широко используются подземные воды.

Водоснабжение за счет подземных вод осуществляется децентрализованным путем при помощи буровых колодцев.

Так, например, воды третично-мелового водоносного горизонта эксплуатируются тринадцатью скважинами с суммарным дебитом около 150 *л/сек.* В Козыревском районе, за пределами дренирующего влияния шахт, две скважины используют воды триас-юрских отложений, давая дебит около 10 *л/сек.* Кроме того, используются также и подземные воды палеозойских пород. Карстовые воды известняков эксплуатируются несколькими скважинами, имеющими удельный дебит до 6—8 *л/сек.* Используются также источники, выходящие из известняков. Для водоснабжения небольших поселков служат также подземные воды гранитов и гранодиоритов.

В заключение отметим, что приведенная характеристика гидрохимических зон подземных вод Челябинского бассейна позволяет оценить перспективность этих зон в отношении нефти и газа. К прямым показателям нефтеносности мы отнесем присутствие в составе воды нафтеновых кислот и в составе растворенного газа — высших гомологов метана (при их содержании не менее 0,5%). Косвенными гидрохимическими показателями будут являться: солевой и газовый составы подземных вод, присутствие в повышенных концентрациях микрокомпонентов J, Br, B, NH_4 и др.

В качестве показателей степени промытости недр с учетом других данных может быть использовано отношение $\frac{He}{Ar}$ в растворенном газе.

Гидрохимическая зона пресных вод *А* в пределах изученной территории должна быть признана неперспективной в отношении нефтегазоносности. Об этом свидетельствуют низкая минерализация (до 1 *г/л*) воды, невысокие значения коэффициента $\frac{He}{Ar}$ (сотые и тысячные доли единицы), отсутствие специфических компонентов, а также углекисло-азотный состав растворенных газов. Упругость растворенных газов не превышает 2 *атм.*

Гидрохимическая зона солоноватых вод *Б* с минерализацией 1—10 *г/л* в большинстве случаев характеризуется хлоридно-натриевым составом вод. В составе растворенных газов преобладает азот и в ряде случаев метан (в районе оз. Сугояк и дер. Ключи).

Содержание иона SO_4 колеблется от полного или почти полного отсутствия в метановых водах и до 2274 *мг/л* в азотных. Отношение $\frac{r\,SO_4}{r\,Cl}$ изменяется от нуля до 0,79, отношение $\frac{He}{Ar}$ не превышает сотых долей единицы. Содержание Br не превышает 13 *мг/л,* J 1 *мг/л.* В метановых водах в незначительном количестве появляются нафтеновые кислоты (0,3 *мг/л*), присутствие которых, однако, не может рассматриваться как показатель наличия промышленных скоплений нефти.

Невысокое содержание Br, J, пониженное отношение $\frac{He}{Ar}$, общая слабая минерализация подземных вод — все это не позволяет рассматривать гидрохимическую зону *Б* в целом как перспективную в отношении газонефтеносности. Более благоприятные условия для сохранения скоплений нефти и газа наблюдаются в части разреза, переходящей в зону соленых вод *В.*

Гидрохимическая зона соленых вод *В* характеризуется повышенной минерализацией подземных вод (до 39 *г/л*), хлоридным кальциево-натриевым их составом. Содержание сульфатов колеблется от полного отсутствия до 6758 *мг/л.* Отношение $\frac{r\,SO_4}{r\,Cl}$ изменяется от нуля до 0,62. В бессульфатных водах отмечено повышенное содержание нафтеновых кислот (до 4 *мг/л*). В составе растворенного газа преобладает метан

(до 93,3%), наблюдались случаи спонтанного выделения газа, преимущественно метанового состава. Отношение $\frac{He}{Ar}$ достигает 2,14.

С этой зоной связаны непромышленные скопления нефти. Начиная с 1951 г., в отложениях коркинской и чумлякской свит в пределах гидрохимической зоны *В* были зафиксированы многочисленные газо- и нефтепроявления в виде небольших скоплений жидкой нефти, пород, пропитанных нефтью, скоплений горючего газа и др. Однако общая геолого-литологическая обстановка триас-юрской толщи неблагоприятна для нахождения промышленных запасов нефти и газа. Как показали массовые определения открытой пористости пород, в толще отсутствуют коллекторы хорошей емкости. Наиболее пористые породы этой толщи — песчаники — до глубины 1200 *м* характеризуются, по данным этих исследований, как коллекторы малой емкости, а на глубине свыше 1200 *м* (до 2000 *м*) — коллекторы очень малой емкости. Глубокое разведочное бурение на нефть, проведенное трестом Тюменьнефтегеология на территории Челябинского буроугольного месторождения, не дало положительных результатов.

Использованная литература

1. Горский И. И. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 1 000 000. Объяснительная записка к листу № 41, 1939.

2. Зайцев И. К., Гуревич М. С., Белякова Е. Е. Гидрохимическая карта Сибири и Дальнего Востока. Объяснительная записка. 1956.

3. Любашев Г. К. Брахисинклинали Челябинского буроугольного бассейна. «Советская геология», 1947, сб. 22.

4. Толстихин Н. И. О климатической зональности артезианских вод. Сб. «Вопросы изучения подземных вод и инженерно-геологических процессов». Изд-во АН СССР, 1955.