

УДК 556.313:314 (574.12)

Ж. С. СЫДЫКОВ, М. А. МУХАМЕДЖАНОВ

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИКАСПИЙСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА

Каспий бойындағы ойыс қойнауында жылу тарапалу, жерасты суларының аймактық және теренге қарай өзгеру бағыттары негізделген. Бұл көрсеткіштерді анықтау негізінде ойыста мұнай, газ кендерін іздестіріп, барлауға байланысты қосымша материалдар алуға болады.

Установлены направления теплопереноса и изменения минерализации пластовых вод Прикаспийской впадины по площади и с глубиной. Определение их распределения в недрах дает дополнительный материал для постановки поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Direction of thermal transportation and change of stratal water mineralization in the Caspian Sea region were determined. Determination of their distribution in the interior part of the earth gives us additional information for oil and gas prospecting.

Общеизвестно, что в нефтегазоносных бассейнах пространственное распределение физико-химических показателей пластовых вод выступает одним из основных факторов нефтеобразования, миграции и формирования углеводородных залежей. Они являются следствием частного проявления единого, сложного и длительного существующего природного процесса, проявляющегося в недрах земли. Другим важным фактором преобразования подземных флюидов и нефтеобразования служат геотермические условия недр, состояние и динамика распределения тепловых полей подземных пластов по площади и с глубиной. Исследования, проведенные нами в Прикаспийском нефтегазоносном бассейне в этом направлении в течение многих лет, показали, что в конечном результате в их пространственном распределении имеются определенные закономерности.

Природные условия геотермической и гидро-геохимической обстановки Прикаспийской впадины весьма сложны. Это обусловлено разнонаправленным влиянием разнообразных природных, в том числе многочисленных соляных куполов, а также искусственных факторов, связанных вскрытием и эксплуатацией нефтяных залежей. При всех этих разнообразиях наиболее низкие

температуры пласта и относительно слабо минерализованные пластовые воды в различных интервалах глубин отмечаются в северо-восточной и восточной частях впадины [3,4,6,7]. Это происходит под действием мощной, длительно существующей области инфильтрационного питания подземных вод и охлаждения недр в пределах Уралтау-Мугоджар. Здесь изотермическая поверхность 50°C погружается до глубины 2,5 – 3 км – на 1,5-2 км глубже, чем в центральных районах впадины. Несколько слабее оказывает такое влияние возвышенность Общего Сырта на севере, где отмеченная геотермическая поверхность устанавливается на глубинах 1,5 – 2 км, как в пределах Подуральского плато, на северо-востоке впадины (рис.1).

По совокупности гидрогеотермических показателей окраинные части Прикаспийской впадины заметно отличаются от ее внутренних частей. Если окраинная, особенно восточная, часть впадины, как уже отмечено, характеризуется пониженной температурой недр, то внутренние части выделяются повышенной температурой. В этих направлениях существенно увеличивается [3,4,5,6] также и величина геотермического градиента (рис.2, табл.1). Характерно, при этом, если в ее окраинных частях значения этого показате-

^{1,2}Казахстан, 050010, Алматы, ул. Валиханова, 94, Институт гидрогеологии и гидрофизики им. У. М. Ахмедсафина.

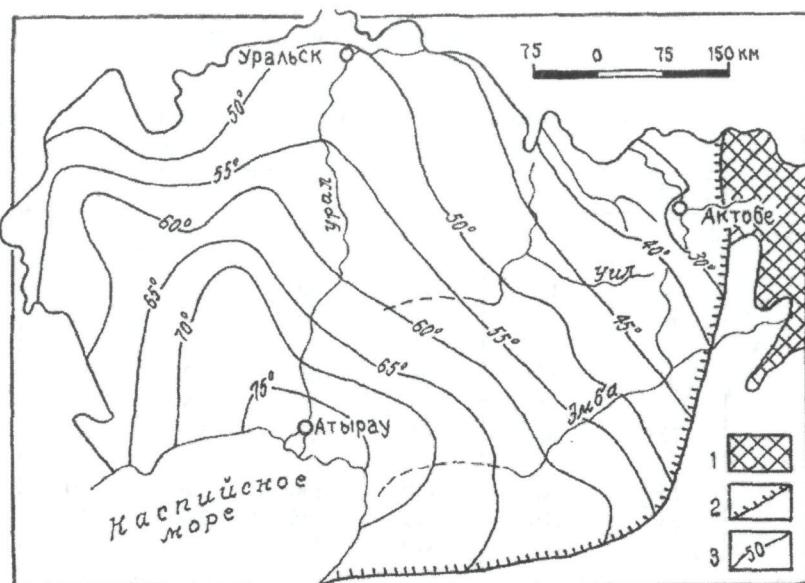


Рис.1. Схема распределения температур пласта Прикаспийской впадины (на глубине среза 2000 м):

- 1 – горноскладчатая область Уралтау-Мугоджар;
2 – краевой шов Прикаспийской впадины; 3 – геоизотерма, °С

ля имеют тенденцию роста с увеличением глубины, тогда как в центральных районах геотермический градиент, наоборот, с глубиной уменьшается. Например, в Актюбинском Приуралье, на востоке, а также на севере впадины величина термоградиента составляет в интервале глубин 0,5 – 1 км 1,2 – 1,5°C / 100м и в интервале 2 – 3 км – 1,6 – 1,8°C / 100м, т.е. возрастает на 20 – 40%, а в центральных районах она в интервале глубин 2 –

3 км по сравнению с интервалом 0,5 – 1 км, наоборот, уменьшается на 10 – 15%.

В восточной и отчасти в северной прибрежной части впадины, характеризующихся пониженной температурой недр, нарастание температуры с глубиной происходит медленно. Так, если температура пласта на глубине 1000 м в Актюбинском Приуралье и в восточной части Подуральского плато 23 – 30° и в северной прибреж-

Таблица 1. Изменение температуры (Т°С) и геотермического градиента (Г) пласта Прикаспийской впадины по площади и с глубиной до 3 км

Районы	Интервалы глубин среза, км										Средний Г	
	0,1 – 0,5		0,5 – 1,0		1,0 – 1,5		1,5 – 2,0		2,0 – 3,0			
	Т	Г	Т	Г	Т	Г	Т	Г	Т	Г		
1	10,5 – 17	1,6	17 – 23	1,2	23 – 30	1,4	30 – 38	1,6	38 – 56	1,8	1,66	
2	10 – 17	1,7	17 – 24	1,4	24 – 31	1,4	31 – 38	1,4	38 – 56	1,5	1,52	
2а	16 – 25	2,2	25 – 33	1,6	33 – 41	1,6	41 – 49	1,7	49 – 67	1,8	1,78	
3	14 – 21	1,8	21 – 29	1,6	29 – 36	1,4	36 – 44	1,6	44 – 61	1,7	1,71	
3а	17 – 26	2,2	26 – 34	1,6	34 – 43	1,8	43 – 53	2,0	53 – 74	2,1	2,02	
4	13 – 23	2,5	23 – 34	2,2	34 – 44	2,0	44 – 54	2,0	54 – 73	1,9	1,91	
4а	17 – 30	3,2	30 – 43	2,6	43 – 55	2,4	55 – 67	2,4	67 – 90	2,3	2,33	
4б	17 – 30	3,2	30 – 46	3,2	46 – 61	3,0	61 – 76	3,0	76 – 104	2,8	2,87	
5	16 – 28	3,0	28 – 38	2,0	38 – 48	2,0	48 – 58	2,0	58 – 78	2,0	1,88	
5а	14 – 25	2,8	25 – 36	2,2	36 – 49	2,6	49 – 61	2,4	61 – 85	2,4	2,35	
5б	16 – 27	2,8	27 – 40	2,6	40 – 53	2,6	53 – 66	2,4	66 – 91	2,4	2,46	

Примечание. Районы распространения: 1. Актюбинское Приуралье; 2. Подуральское плато, восточная часть, 2а – то же, западная часть; 3. Северный борт впадины, 3а – то же южная часть; 4. Западная часть впадины (северо-запад), 4а – то же северо-восточная часть, 4б – юго-западная часть; 5. Южная Эмба (северо-восток), 5а – то же центральная часть, 5б – юго-западная часть.

Таблица 2. Расчетное усредненное значение минерализации пластовых вод Прикаспийской впадины в интервалах глубин среза от 0,5 до 3 км

Районы	Минерализация воды (г/л) на глубинах (км)				Приращение минерализации (г/л) на каждые 100м интервала (км)			
	0,5	1	2	3	до 0,5	0,5-1	1 – 2	2 – 3
Актюбинское Приуралье								
восточная часть	1	3	10	25	0,2	0,2	0,7	1,5
центральная часть	3	10	25	40	0,6	0,7	1,5	1,5
западная часть	6	20	56	90	1,2	1,4	3,6	3,4
Подуральское плато								
восточная часть	1	10	23	48	0,2	0,9	1,3	2,5
юго-восточная часть	4	15	35	56	0,8	1,1	2,0	2,1
западная часть	15	29	45	63	5,0	1,4	1,6	1,8
Северный борт впадины								
северная часть	15	65	130	200	3,0	5,0	6,5	7,0
юго-западная часть	35	110	195	295	7,0	7,5	8,5	10,0
юго-восточная часть	70	190	320	470	14,0	12,0	13,0	15,0
Западная половина впадины								
северная часть	30	135	245	365	6,0	10,5	11,0	12,0
юго-восточная часть	95	215	340	490	19,0	12,0	12,5	15,0
юго-западная часть	90	200	320	360	18,0	11,0	12,0	14,0
южная часть	120	300	490	665	24,0	18,0	19,0	17,5
Южная Эмба								
северо-восточная часть	7	30	56	85	1,4	2,3	2,6	2,9
юго-восточная часть	12	40	71	104	2,4	2,8	3,1	3,3
юго-западная часть	125	305	505	715	25,0	18,0	20,0	21,0
Центральная часть впадины								
север	160	285	415	540	32,0	12,5	13,0	13,5
северо-восток	180	310	445	540	32,0	12,5	13,0	13,5
юг	190	340	510	690	38,0	15,0	17,0	18,0

вой части 28 – 38° [4, рис.2], то на глубине 3000 м она достигает соответственно 55 – 65 и 65 – 75° [4, рис. 2]. Следовательно, в интервале глубин 1000 – 3000 м температура пласта увеличивается в среднем на 30 – 35°. В то же время в центральных районах впадины в тех же интервалах глубин эта величина возрастает почти вдвое – до 55 – 65°, т.е. от 45 – 50° на глубине 1000 м до 110 – 115° – на глубине 3000 м. Соответственно существенно различается и среднее значение геотермического градиента: если в зоне охлаждения в краевых частях впадины он не превышает 1,5 – 2° / 100 м, то в зонах повышенных температур – в центральных районах достигает 3 – 3,5° / 100 м.

Установление минерализации пластовых вод по отмеченным интервалам глубин представляют значительную трудность. Поэтому данные по рассматриваемой территории до последнего времени никем не были определены. Это связано, во-первых, с тем, что невозможно непрерывно опробовать водоносные пласти с глубиной, как это удается устанавливать в гидрогео-

термии по каротажным термограммам; во-вторых, изменение минерализации и химического состава пластовых вод по площади и с глубиной гораздо сложнее, особенно в солянокупольных областях, чем изменение гидрогеотермических показателей; в-третьих, на той или иной плоскости среза могут залегать как водоносные, так и практически водоупорные слои, не позволяющие получить непрерывные гидрогеохимические сведения.

Тем не менее на основе анализа и сопоставления большого количества гидрогеохимических данных, имеющихся по разноглубинным скважинам на территории, использования геолого-геофизических сведений по разрезу [3,4,6-8] нам удалось получить сравнительные значения минерализации пластовых вод, приведенные к расчетным плоскостям среза на глубинах 0,1 и 1 – 3 км (рис.3). Они были определены путем интерполяции имеющихся гидрогеохимических данных в интервалах глубин, расположенных выше или ниже расчетных плоскостей среза или на осно-

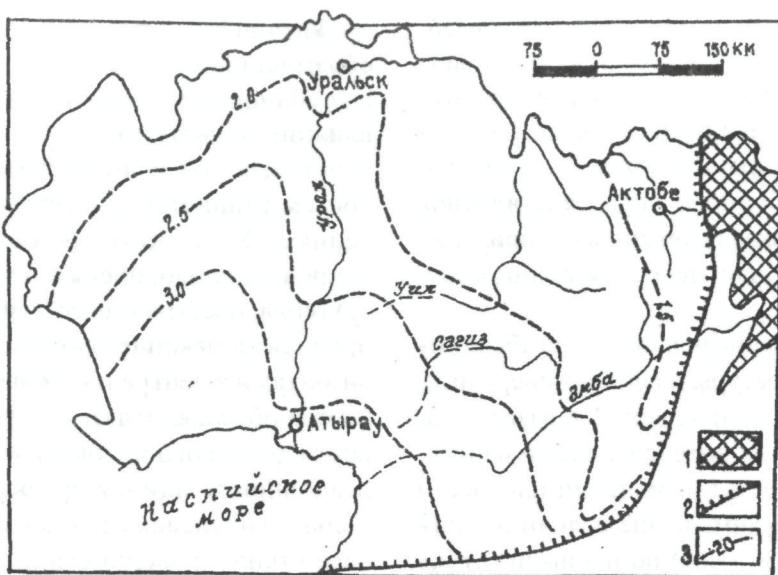


Рис.2. Схема средних значений геотермических градиентов Прикаспийской впадины (в интервале глубин 0,5 – 3 км): 1 – горноскладчатая область Уратай-Мугоджар; 2 – краевой шов Прикаспийской впадины; 3 – средний термоградиент, $^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$

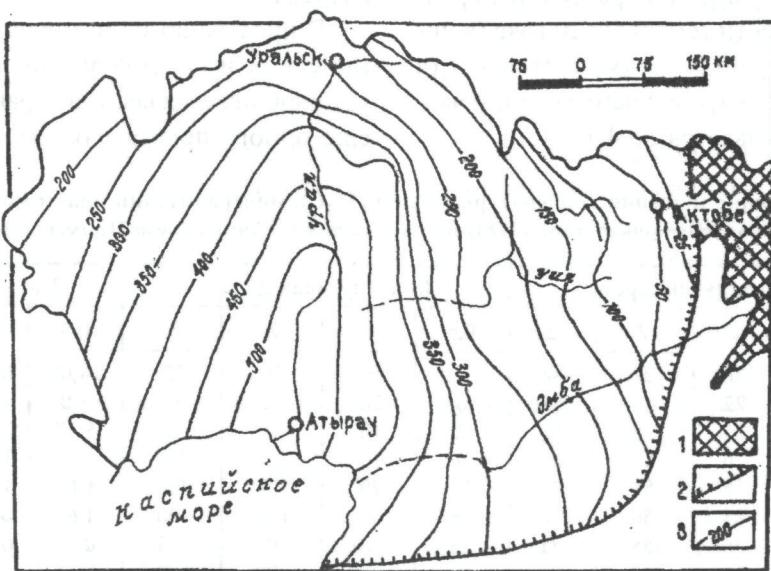


Рис.3. Схема распределения минерализации пластовых вод в недрах Прикаспийской впадины: 1 – горноскладчатая область Уратай-Мугоджар; 2 – краевой шов Прикаспийской впадины; 3 – изоминералы пластовых вод, г/л

вании учета наметившихся тенденций изменения минерализации с глубиной в разрезе отдельных или нескольких скважин, заложенных вблизи и в аналогичных структурно-гидрогеологических условиях. В результате полученных таким путем данных подсчитаны усредненные значения приведенной минерализации пластовых вод по отмеченным глубинам среза по отдельным частям рассматриваемой территории и в пределах впадины в целом (табл.2).

Приведенные в табл.2 данные свидетельствуют, что как общая величина приведенной минерализации пластовых вод, так и ее приращение на каждые 100 м глубины в целом увеличивается по площади, с окраинных к центральным частям впадины, также с глубиной. Наибольшее приращение минерализации в пределах каждой плоскости среза, за пределами распространения или слабого развития соляных куполов, отмечается в восточной и особенно в северной частях

впадины. На остальной площади впадины интенсивность ее приращения постепенно замедляется. Значительная интенсивность приращения этого показателя устанавливается также с глубиной. Ближе к центральной и южной частей впадины местами, особенно за пределами влияния соляных куполов, такая интенсивность приращения остается более или менее постоянной или даже уменьшается.

Таким образом, направления роста абсолютных величин температуры пласта и минерализации пластовых вод по площади и в разрезе совпадают. Аналогичная интенсивность и направленность отмечается и в изменении плотности теплового потока. Наименьшие величины ее (в единицах 10^{-2} ккал/ $m^2 \cdot$ час) по площади (от 2,8 до 3,3) и в верхних слоях недр (от 2,2 до 2,9) устанавливаются в северной и особенно в северо-восточной прибрежных частях впадины. В западных и юго-восточных ее обрамлениях средняя величина плотности теплового потока (в интервалах глубин среза 0,5 – 3 км) составляет (в тех же единицах) 3,5 – 3,7, а к центральным частям впадины увеличивается до 4,1 – 4,7.

Увеличение теплового потока от краевых обрамлений к внутренним частям бассейна и с глубиной обусловлено, помимо ослабления влияния областей и местных очагов питания пластовых вод и интенсивности водообмена, ростом глинистости разреза в тех же направлениях. Эти отложения, обладая слабой теплопроводностью, препятствуют расходу (выносу) тепла, поступающего из нижних слоев недр, приводят к накоплению его в этих нижних горизонтах и в центральных частях бассейна; тем самым обуславливают они уменьшению плотности теплового потока в верхних горизонтах осадочной толщи и в краевых зонах впадины. Только в пределах соляных куполов в силу высокой теплопроводности слагающих их гидрохимических осадков, способствующих выносу тепла из нижних горизонтов, может повышаться плотность теплового потока в верхних слоях разреза.

В пространственном распределении геотермических и гидрогеохимических показателей устанавливается весьма характерное изменение еще одного показателя. Это изменение значе-

Таблица 3. Средние значения температуры пласта (T° , С), минерализации пластовых вод (M, г/л) и температурно-солевого показателя (T/M) на различных глубинах среза Прикаспийской впадины

Районы	T на глубина среза				M на глубинах среза				T/M на глубинах среза			
	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3
1	14	20	32	48	1	3	10	25	14,00	6,70	3,20	1,92
1 а	18	22	40	58	6	20	56	90	3,0	1,10	0,72	0,66
2	17	25	38	53	2	10	23	48	8,17	2,50	1,60	1,10
2 а	18	26	43	60	4	15	35	56	4,50	1,73	1,25	1,01
2 б	25	35	55	72	15	29	45	63	1,66	1,21	1,20	1,16
3	24	35	50	70	15	65	130	200	1,60	0,54	0,38	0,35
3 а	26	36	55	75	35	110	195	295	0,74	0,36	0,28	0,25
3 б	27	38	55	74	70	190	320	470	0,38	0,20	0,17	0,16
4	35	45	65	85	30	135	245	365	1,16	0,33	0,27	0,23
4 а	23	35	65	90	90	200	320	360	0,26	0,18	0,20	0,25
4 б	35	45	65	95	95	215	340	490	0,37	0,21	0,19	0,19
4 в	30	46	76	110	120	300	490	665	0,25	0,15	0,16	0,16
5	28	38	48	58	7	30	56	85	4,00	1,30	0,86	0,68
5 а	27	40	61	91	125	305	505	715	0,23	0,13	0,12	0,13
5 б	25	36	61	85	12	40	71	104	2,08	0,90	0,86	0,82
6	28	44	60	80	160	285	415	540	0,13	0,15	0,17	0,18
6 а	32	48	74	105	180	310	445	580	0,13	0,15	0,16	0,17
6 б	33	50	77	120	190	340	510	690	0,12	0,13	0,14	0,16

Примечание. Районы распространения: 1. Актюбинское Приуралье (восток), 1а – то же, западная часть; 2. Подуральское плато (восточная часть), 2а – то же, юго-восточная часть, 2б – юго-западная часть; 3. Северный борт впадины (север), 3а – то же, юго-западная часть; 4. Западная часть впадины (северо-восток), 4а – то же, юго-западная часть, 4б – юго-восток; 4в – юг; 5. Южная Эмба (северо-восточная часть), 5а – то же, юго-западная часть; 5б – юго-восток; 6. Центральная часть впадины (север), 6а – то же, северо-восточная часть, 6б – юг.

отношения температуры пласта к минерализации пластовых вод (температурно-солевого азателя) на различных плоскостях среза краевых к центральным частям впадины 3).

В таблицы видно, что средняя величина показателя наибольшее значение (в интервалах глубин 1 – 3 км) имеет в Актюбинско-Курулье и восточной части Подуральского плато (от 1,1-1,9 до 2,5-6,7). Умеренное значение его (от 0,7-0,8 до 1,0-1,3) отмечается в северо- и юго-восточной частях Южной

На этих площадях частное значение этого показателя заметно уменьшается с глубиной (не считая глубины среза 0,5 км, где самое влияние оказывают поверхностные воды) – в 1,9-2,9 раза (в интервалах глубин 1-3 км). На западе Подуральского плато, а также в северном и западном краевых обрамлениях – уменьшение этого показателя с глубиной в интервалах глубин 1-3 км) значительно уменьшается до 0,4-0,04 раз. Наконец, во внутренних районах впадины рост температурного показателя при его весьма низких значениях (0,13-0,18) с глубиной выравнивается, например, в юго-восточных и юго-западных краевых обрамлениях центральных районов впадины) или даже имеет обратную направленность (северо-западная, центральная и южная части впадины).

Представленные данные по величине температурно-солевого показателя свидетельствуют: что в северо-востоках, средние значения этого показателя на всех, краевых срезах уменьшаются более резче со стороны северо-востока и плавно с северо-запада востока краевых обрамлений к центральным и южным районам рассматриваемого бассейна – вторых, частные значения показателя разрезе (в интервалах глубин 1 -3 км и, возможно, еще глубже) уменьшаются с верхних частей среза к нижним; в – третьих, в направлении к центральным районам бассейна как северо-востокам, так и с глубиной интенсивность изменения средних и частных значений показателя неуклонно уменьшается, а затем имеет даже отрицательный знак. Эти факторы, в свою очередь, определяют первоначально об опережающем росте минерализации пластовых вод над

ростом температуры пласта по мере приближения к центральной части впадины, а затем при подходе к его центральным и южным районам такой уровень изменения отмеченных параметров выравнивается и в самых центральных частях ее уже преобладает интенсивность привноса тепла (роста температуры) над ростом минерализации пластовых вод.

В Прикаспийской впадине, как древнейшей геологической структуре, не проявлен молодой вулканализм. В этих условиях реальным источником дополнительного притока тепла в ее центральные районы может служить конвективный теплоперенос. Активными агентами такого переноса являются подземные воды и другие пластовые флюиды, которые в условиях данного нефтегазоносного региона могут быть представлены нефтью и газом.

По совокупности рассматриваемых геотермических и гидрогеохимических показателей в казахстанской части Прикаспийского бассейна выделяются следующие три крупные региональные зоны: периферийная (особенно на северо-востоке), промежуточная и центральная. Они хотя и не совсем правильной формы, но все же расположены концентрически относительно друг друга. В связи с этим, в бассейне устанавливается своего рода сочетание инфильтрационного типа миграции флюидов центростремительного направления в первых двух зонах и элизионного (центробежного) – в третьей. В пределах последней теплоперенос, вместе с ним и миграция флюидов (пластовых вод и нефтегазовых компонентов). В пределах центральной зоны тепло- и флюидоперенос от центра к окраинам бассейна происходит, как показали наши многолетние исследования, не сплошным потоком, а прерывисто – радиально вдоль предполагаемых зон глубинных тектонических разломов и благоприятных для него литого-фацевальных условий. Такие радиально – линейные зоны, очевидно, проходят ориентированочно в следующих направлениях: на самом юго-западе Прикаспийской впадины от Гурьевского прогиба в сторону Северо-Бозашинского поднятия; от Южно – Прикаспийского прогиба на запад-северо-запад в сторону Приволжского поднятия; от Байчунанского прогиба на северо-восток в сторону Кен-

кияк-Жанажольской зоны поднятия; возможно, через серию структурных прогибов вдоль р. Урал на север и северо-восток. Однако, эти предположительные зоны тепло- и массопереноса требуют уточнения при проведении дальнейших исследований.

В заключение отметим, что выяснение направленности пространственного расположения геотермических и гидрогеохимических показателей дает дополнительный материал для постановки поисково-разведочных работ на нефть и газ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений / Гидрогеология СССР, т.35. Западный Казахстан. М., 1971. С. 279-297.
2. Сыдыков Ж.С., Джсангирьянц Д.А. Геотермические условия Арабо-Каспийского нефтегазоносного региона / Геология и разведка месторождений нефти и газа Западного Казахстана. М., 1972. С. 68-81.
3. Бочкарёва В. А., Сыдыков Ж. С., Джсангирьянц Д. А. Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. Алма-Ата, 1973. 228 с.
4. Сыдыков Ж. С., Чакабаев С. Е., Мухамеджанов М. А. Гидрогеохимические условия Арабо-Каспийского нефтегазоносного региона. Алма-Ата, 1977. 184 с.
5. Сыдыков Ж.С., Мухамеджанов М.А. Гидрогеологические показатели нефтегазоносности / Подземные воды Казахстана. Алматы, 1999. С. 189-202.
6. Сыдыков Ж.С. Подземные воды Каспийского нефтегазоносного региона. Алматы, 2001. 367с.
7. Сыдыков Ж.С. Подземные воды Мугоджар и Примугоджарских равнин. Алма-Ата, 1966. 416 с.
8. Мухамеджанов М.А., Антипов С.М. Гидрогеология подсолевых отложений восточной части Прикаспийской впадины. Алма-Ата, 1990. 180с.