

УДК 556.34 (574.1)

Ж. СЫДЫКОВ<sup>1</sup>, М. МУХАМЕДЖАНОВ<sup>2</sup>

## ПОДЗЕМНЫЙ ВОДНЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СТОК ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА ТЕРРИТОРИИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Ерекше мәні бар терең Каспий бойындағы ойпаттың жерасты суларының, оның құрамындағы иондар ағынының қалыптасуы, санды мөлшері анықталған. Олардың арылу алаңдары мен қоршаған ортаға әсерлері қаралған. Мақалада 2003–2005 жж. жүргізілген зерттеулердің негізгі нәтижелері келтірілген.

Рассматриваются вопросы формирования, количественной оценки подземного водного и химического (ионного) стока крупной и глубокой Прикаспийской впадины. Устанавливаются зоны их разгрузки и влияние на окружающую среду. Изложены основные итоги работ, выполненных по программе фундаментальных исследований 2003 – 2005 гг.

The questions of formation, quantitative assessment underground water and chemical flow of a large and deepest Precaspian depression of a hollow are considered. The zones of their leakage and influence on an environment are established. In article presentation the basic results of fundamental research program in 2003-2005 years.

Прикаспийская впадина – крупная и самая глубокая геологическая структура во всей СНГ. В основном она находится в пределах Казахстана, лишь на западе и севере часть ее уходит на территорию России.

Территории казахстанской части региона частью равнинные, низменные с многочисленными соляными куполами и сорово-солончаковыми понижениями. На севере и северо-востоке она возвышенная, платообразная, расчлененная сетью временных потоков и долинами рек. Северо-восточную часть впадины ограничивают мелкосопочные и низкоргорные хребты Южного Урала и Мугоджар. Подземные воды впадины получают питание в ее краевых зонах, главным образом в названных горно-складчатых хребтах. Здесь же формируется основная часть подземного водного и химического (ионного) стоков.

Процессы подземного водного и солевого (химического) стоков являются одним из ведущих факторов геологической среды. Подземный водный сток (и химический сток также) представляет собой природное явление, характеризующееся перемещением подземного водного стока в одной геологической системе (в части ее) или из одной системы в другую, поступлением подземной воды внутрь их и выходящим из них в смежные. Следовательно, водный сток характеризует динамическую гидрогеологическую

систему, имеющую области питания, транзита и разгрузки.

**Подземный водный сток** происходит в гидрогеологической структуре или бассейне. Его интенсивность определяется степенью подвижности (скорости) подземного потока при перемещении в одной или смежных геологических средах. Интенсивность водообмена замедляется с глубиной; по его подвижности в вертикальном разрезе водовмещающей среды вниз выделяются повсеместно три зоны: интенсивного (активного или свободного), замедленного и весьма замедленного водообмена. Верхняя зона по сравнению с нижними почти всюду изучена более обстоятельно, по ней имеются более достоверные, территориально сопоставимые количественные гидрогеологические сведения, в частности по всему рассматриваемому региону. К тому же она особая часть биосферы, названная В. И. Вернадским ноосферой, в которой происходит интенсивный обмен различных веществ и энергии между обществом и природой, проявляется активная преобразующая роль человека. В этой связи в данном сообщении приводится оценка подземного водного и химического (ионного) стоков зоны активного водообмена Прикаспийской впадины, прослеженная от областей их питания в горных и прилегающих к ним системах к местам их разгрузки. Отметим, однако, что в рас-

<sup>1,2</sup>Казахстан, 050010, Алматы, ул. Ч. Валиханова, 94, Институт гидрогеологии и гидрофизики им. У. М. Ахмедсафина.

смаатриваемом регионе, так же, как и по всей территории республики, эти стоки изучены далеко в неодинаковой степени.

Подземный сток Прикаспийской впадины довольно подробно исследовался нами и некоторыми учеными в 1960–1970-х годах прошлого столетия [1, 3–6]. Однако в настоящее время заметно изменились природно-техногенные условия региона и его величины, хотя главные черты, региональная направленность и качественный состав остались в прежних.

Основная масса подземного стока региона формируется в западной половине хребтов Южного Урала и Мугоджар в верхней, наиболее выветрелой, трещиноватой зоне допалеозойских и палеозойских пород на глубине до 60–70 м и лишь местами в зонах тектонических разломов до 150–250 м. Среди этих пород наибольшей водообильностью отличаются генетически разные интрузивные, эффузивные и песчано-карбонатные образования, слагающие склоны горных хребтов, а наименьшей – сильно уплотненные, диагенетизированные метаморфические породы водораздельных равнин центральной части Южного Уралтау и Мугоджар. На территории последних местами, особенно на востоке Мугоджар, практически не образуется подземный поток.

В названных хребтах нами установлено, что подземный сток практически образуется на общей площади 47,5 тыс. км<sup>2</sup>, главным образом в толще генетически разных типов скальных пород (занимающих около 77% площади), лишь отчасти в разрезе мезозойских (18%) и четвертичных аллювиальных отложений речных долин (не более 5%). По степени водообильности (судя по средней величине удельных значений подземного стока с 1 км<sup>2</sup> площади) наибольшей ее величиной отличаются аллювиальные толщи – около 1,7–1,9 л/с Ч км<sup>2</sup>, несколько меньше – водовмещающие отложения верхнего мела и палеогена – около 1,5 л/с Ч км<sup>2</sup>, еще меньше – среднепалеозойские интрузивные и эффузивные тела (0,5–0,6 л/с Ч км<sup>2</sup>), а наименьшую водообильность (не более 0,3 л/с Ч км<sup>2</sup>) метаморфические массивы нижнего палеозоя и допалеозоя (табл. 1).

Общая сумма подземного водного стока рассматриваемой части Уралтау–Мугоджар оценивается в 28,5 м<sup>3</sup>/с, или немногим более 897 млн м<sup>3</sup>/год. По отдельным крупным структурам этой территории средний подземный сток с 1 км<sup>2</sup> име-

ет наибольшую величину – около 0,5 л/с Ч км<sup>2</sup> западная (Сакмарская) зона Южного Уралтау, меньшую – в среднем 0,5 л/с Ч км<sup>2</sup> в его восточной (Приморской) части и в Мугоджарах в целом (рис. 1).

Подземный поток, образовавшийся в рассматриваемой части Южного Уралтау–Мугоджар, расходуется в основном в двух главных направлениях: большая часть (не менее 57% или более 16 м<sup>3</sup>/с из общей суммы 28,5 м<sup>3</sup>/с) уходит на запад – в сторону Прикаспийской впадины, несколько меньшая (43%) – на север и в конечном итоге поступает в р. Урал (рис. 2).

В казахстанской части Прикаспийской впадины подземный сток образуется не только за счет потока, поступающего со стороны Южного Уралтау и Мугоджар, а в значительной мере непосредственно на территории самой этой впадины. По условиям формирования и главному направлению подземного стока здесь выделяются четыре района: Подуральское (или Урало-Эмбинское) плато (на северо-востоке), Южная Эмба (на юго-востоке), северное обрамление и центральная часть впадины.

Среди названных районов наибольшей обводненностью выделяется Подуральское плато, занимающее возвышенную, достаточно высоко расчлененную часть впадины. На значительной территории его обнажаются или залегают меловые (нижний и верхний отделы) песчаные и карбонатные осадки, местами перекрытые песчано-глинистыми отложениями палеогена. Лишь на небольшой площади на северо-востоке района – на правобережье р. Илек из-под этих отложений выходят песчано-глинистые и угленосные отложения верхнего триаса и юры. Довольно широко распространены песчаные аллювиальные осадки речных долин (Илека, Кара- и Сарыхобды, Уила, Сагиза и Эмбы); в долинах Уила и Эмбы развиты местами небольшие золотые песчаные массивы.

Подземный сток в толще юрских, меловых и аллювиальных отложений на востоке образуются за счет дренирования подземных вод палеозойских пород Южного Урала и Западных Мугоджар и мезозойских Актобинского Приуралья. Однако значительная часть стока формируется в пределах самого плато за счет инфильтрации атмосферных осадков на отмеченных площадях, прежде всего в хорошо проницаемых меловых

Таблица 1. Сводные показатели подземного водно-химического стока зоны активного водообмена Прикаспийской впадины и ее горного обрамления

Зоны	Геол. индекс	Расчет. площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Минерализация, г/л	Водный сток			Химический сток		
				q <sub>п.с.</sub>	Q <sub>п.с.</sub>		q <sub>х.с.</sub>	кг/с	Q <sub>х.с.</sub>
					л/с•км <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /год			
1. Западный борт Уралтау-Мугод-жарского горного массива	alQ	1,8	0,5	1,81	3,26	102,69	0,87	1,56	49,14
	K+P	6,1	0,53	1,49	9,06	285,39	0,5	3,02	95,13
	J	2,5	0,8	0,3	0,75	23,63	0,24	0,60	18,90
	P	3,0	0,7	0,3	0,40	28,35	0,21	0,63	19,85
	C-D	2,5	0,6	0,6	1,36	42,84	0,20	0,50	15,75
	D-S	8,5	0,54	0,55	4,70	148,05	0,30	2,55	80,33
	pt + Pz <sub>1</sub>	13,5	0,73	0,30	4,05	127,58	0,22	2,99	94,19
	γ	9,5	0,64	0,46	4,4	138,6	0,29	2,78	87,57
Σ	47,5		0,60	28,48	897,12	0,31	14,55	458,33	
2. Актюбинское Приуралье	alQ	1,3	0,6	1,5	1,95	61,43	0,9	1,17	35,86
	K+P	2,8	0,6	1,0	2,80	88,20	0,6	1,69	52,92
	T <sub>3</sub> -J	2,0	1,0	0,4	0,80	25,20	0,4	0,4	12,6
	Σ	61		0,91	5,55	274,83	0,53	3,24	102,38
3. Предмугод-жарский прогиб	alQ	0,3	0,7	71,2	0,36	11,34	0,84	0,36	11,34
	K+P	10,3	1,0	0,80	8,24	259,56	0,80	8,24	259,56
	Σ	10,6		0,81	8,60	270,90	0,81	8,60	270,90
4. Подуральское (Урало -Эмбинское) плато	alQ	13,0	1,0	0,9	11,7	368,55	0,9	11,7	368,55
	eoIQ	5,0	1,0	0,2	1,0	31,50	0,2	1,0	31,50
	K+P	65,0	1,2	0,7	45,5	1433,25	0,84	54,6	1719,9
	T <sub>3</sub> -J	0,5	1,5	0,16	0,8	25,20	0,23	0,12	3,78
Σ	83,5		0,71	59,0	1858,5	0,81	67,42	2123,73	
5. Северное обрамление	alQ	3,0	1,0	1,0	3,0	94,50	1,0	3,0	94,50
	mQ	10,0	2,0	0,15	1,5	47,25	0,3	3,0	94,50
	K+P	8,0	1,5	0,4	3,2	100,80	0,6	4,8	151,20
	Σ	21		0,37	7,7	242,55	0,51	10,8	340,2
6. Южная Эмба	alQ	0,5	1,0	0,7	0,35	11,03	0,7	0,35	11,03
	K <sub>1-2</sub>	14,0		0,31	4,55	143,33	0,46	6,65	209,48
	Σ	14,5		0,31	4,55	143,33	0,46	6,65	209,48
7. Центральная зона	alQ	9,0	1,0	0,6	5,40	170,10	0,6	5,40	170,10
	lolQ	45,0	1,0	0,15	6,75	212,63	0,15	6,75	212,63
	mQ	30,0	3,0	0,10	3,00	94,50	0,30	9,00	283,50
	Σ	84,0		0,18	15,15	477,23	0,25	21,25	666,23
Вся территория Прикаспийской впадины (зоны 2-7)	alQ	27,1		0,84	29,76	716,94	0,81	21,98	692,37
	lolQ	50,0		0,16	7,75	244,13	0,16	7,75	244,13
	mQ	40,0		0,11	4,50	141,75	0,3	12,0	378,0
	K+P	100,1		0,64	63,94	2014,11	0,76	75,62	2382,03
	T-J	2,5		0,64	50,4	0,21	0,52	16,38	
Σ	219,7		0,54	100,55	3165,75	0,54	117,87	3712,91	

песчано-карбонатных массивах. Наиболее высоким модулем подземного стока – в среднем 0,8-1,5 л/с Ч км<sup>2</sup> характеризуются аллювиальные и ниже- и средне- меловые (альб-сеноманские) отложения, занимающие почти 85% всей площади района. Хотя величина модулей подземного стока других, менее распространенных осадков существенно ниже, однако они в формировании общей суммы водного стока района не имеют существенного значения. Средняя величина его модуля в Актюбинском Приуралье, Западном

Примугод-жарье и Подуральском плато в целом составляет 0,7–0,9 л/с Ч км<sup>2</sup>, а общая сумма подземного стока на расчетной территории 83,5 тыс. км<sup>2</sup> оценена в 84 м<sup>3</sup>/с, или 2646 млн. м<sup>3</sup>/год. Из них около 11% (порядка 10 м<sup>3</sup>/с) через реки Илек и Большая Хобда поступает в р. Урал, а вся остальная часть его, образовавшаяся на площади плато (не менее 73 м<sup>3</sup>/с, или порядка 2,3 млрд м<sup>3</sup>/год), уходит в сторону центра впадины.

Непосредственно на территории северного обрамления впадины, прилегающего к Подураль-

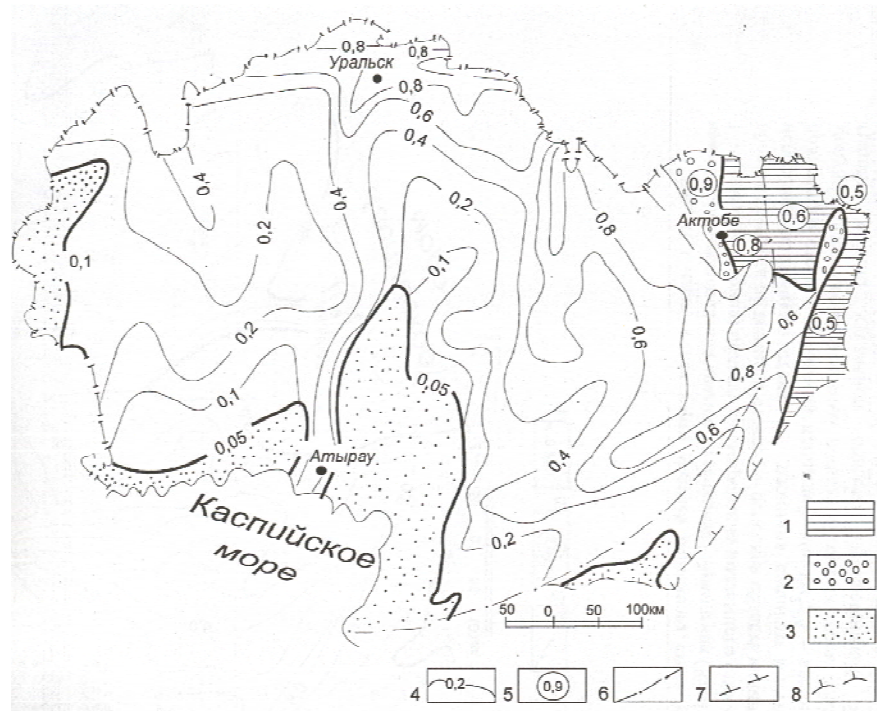


Рис. 1. Схематическая карта модулей подземного стока в зоне активного водообмена Прикаспийской впадины и ее горного обрамления (казахстанская часть). 1 – основная (горная) область формирования подземного стока; 2 – предгорная область транзита подземного стока; 3 – основная область вклинивания (базис) и испарения подземного стока; 4 – изолиния среднего многолетнего модуля подземного стока с расчетных площадей, л/с · км<sup>2</sup>; 5 – средний многолетний модуль подземного стока с расчетных площадей горных территорий; 6 – восточная граница соляно-купольной области Прикаспийской впадины; 7 – водораздельная линия (восточная) Каспийского региона; 8 – государственная граница

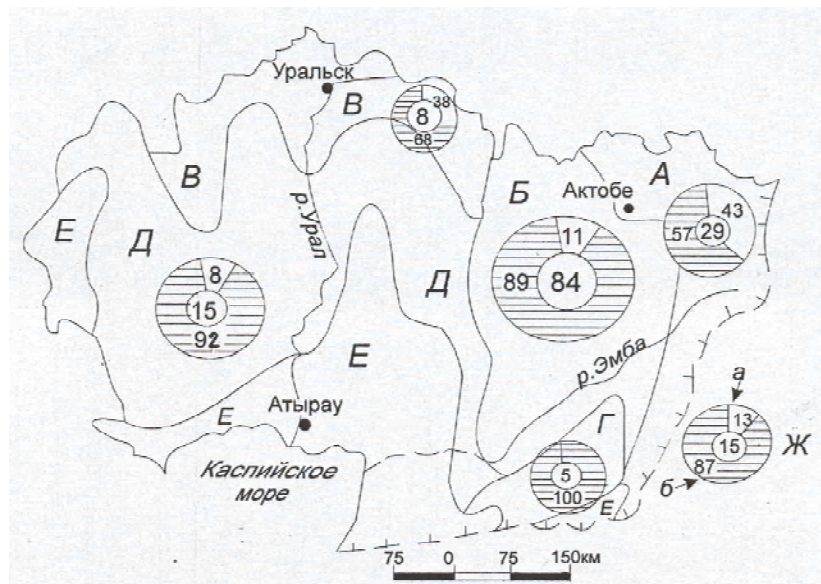


Рис. 2. Распределение подземного стока зоны активного водообмена на территории Прикаспийской впадины и ее горного обрамления (казахстанская часть). Районы (показаны на схеме): А – горный и предгорный; Б – Е – подземного стока Прикаспийской впадины: Б – Подуральское плато, В – северное обрамление впадины, Г – Южная Эмба, Д – центральная часть впадины. Ж – подземный водный сток с расчетных площадей выделенных районов: в центре круга: подземный сток (% от общей суммы стока): а – поступающий в р. Урал, б – дренирующийся местными озерно-соровыми понижениями и испаряющейся затем с их поверхности; в сторону Прикаспийской впадины

скому плато с северо-запада, менее значительное количество подземного стока образуется в толще верхнемеловых и палеогеновых отложений, а также в аллювиальных осадках речных долин. Средний модуль стока в толще первых, местами перекрытых слабо водопроницаемыми осадками палеогена и четвертичных морских, не превышает  $0,3 - 0,45 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$  и только в аллювиальных осадках речных долин, особенно р. Урала, достигает  $0,9 - 1,2 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Модули стока водоносных слоев морских отложений не превышают  $0,13 - 0,18 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Общая сумма подземного стока в практически водопроницаемой (расчетной) части территории района (около 21 тыс. км<sup>2</sup>) составляет  $7,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , или около 243 млн м<sup>3</sup>/год (см. табл. 1). 38% из них (около  $3 \text{ м}^3/\text{с}$ ) по мелким рекам поступает в конечном счете в главную водную артерию всего региона – р. Урал, а остальная часть дренируется местными сорово-солончаковыми понижениями или же уходит в центральную часть впадины.

Сравнительно небольшой объем подземного стока, главным образом в толще альб-сеноманских отложений, поступает в район Южный Эмбы транзитом со стороны Южного Примугодьярья и Подуральского плато. Здесь общая сумма подземного стока активной гидродинамической зоны достигает  $4,55 \text{ м}^3/\text{с}$ , или 143,3 млн м<sup>3</sup>/год. Эта сумма почти полностью дренируется местными сорово-солончаковыми понижениями (рис. 2) и расходуется затем на испарение с их поверхности.

На огромной центральной площади Прикаспийской впадины сравнительно небольшая сумма подземного стока со средним модулем не более  $0,18 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$  образуется, главным образом, в песчаных массивах за счет инфильтрации атмосферных осадков и в долинах малых рек (Большой и Малый Узени и редкие протоки р. Урала) в результате фильтрации поверхности вод. На площадях четвертичных морских осадков подземный сток образуется практически повсеместно, а лишь на отдельных участках, где они представлены слабо водопроницаемыми мелко- и тонкозернистыми песками. Здесь удельный их модуль не превышает  $0,10 - 0,12 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$ . Общая площадь слабо проницаемых морских и эоловых осадков (расчетных) составляет порядка 75 тыс. км<sup>2</sup>, а более повышенных водообильных аллювиальных отложений речных долин –

9 тыс. км<sup>2</sup>. Общий объем подземного стока на этих площадях достигает немногим более  $15 \text{ м}^3/\text{с}$ , или 477 млн м<sup>3</sup>/год (см. табл.1). Из них только небольшая часть – около 8% ( $38 \text{ млн м}^3/\text{год}$ ), в местах близкого подхода расчетных территорий к речным протокам и песчаным массивам поступает непосредственно в р. Урал. Вся остальная часть и без того малого подземного стока дренируется в местах его образования – в межбугристых и сорово-солончановых понижениях и расходуется на испарение, не достигая Каспийского моря. К тому же, особенно в последние десятилетия, в связи с резким подъемом уровня моря, создается подпор перед слабо мигрирующим фронтом грунтовых вод прибрежной зоны.

На всей расчетной (практически водопроницаемой) площади зоны активного водообмена Прикаспийской впадины и ее горного обрамления (на северо-востоке) – около 249 тыс. км<sup>2</sup> (или 60% от общей площади) формируется подземный сток в  $129 \text{ м}^3/\text{с}$ , или немногим более 4 млрд м<sup>3</sup>/год. Из них по различной гидрографической сети в главную водную артерию региона – р. Урал поступает  $26 \text{ м}^3/\text{с}$  подземной воды (20% общей суммы подземного стока). Такой объем подземного стока (порядка 8% общего средне-многолетнего стока Урала) в среднем за год поверхностным стоком этой реки, очевидно, поступает в Каспийское море. Вся остальная сумма подземного стока региона (более  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ ), не достигая Каспия, дренируется многочисленными озерно-соровыми и другими понижениями, затем полностью испаряется с их поверхности, оставляя растворенные в воде химические элементы и с каждым годом увеличивая солевые запасы в этих понижениях.

**Подземный химический сток** зоны свободного водообмена Прикаспийской впадины, так же, как и на всей территории Казахстана, ранее не изучался. В последнее время его количественный и ионный состав, основная направленность миграции химических элементов водного потока, области и местные очаги формирования, транзита и разгрузки основательно исследовались нами.

Образования и условия миграции химического (ионного) стока неразрывно связаны с подземным водным стоком. В этой связи отмеченные общий объем и модуль последнего позволят оценить и величину химического стока:

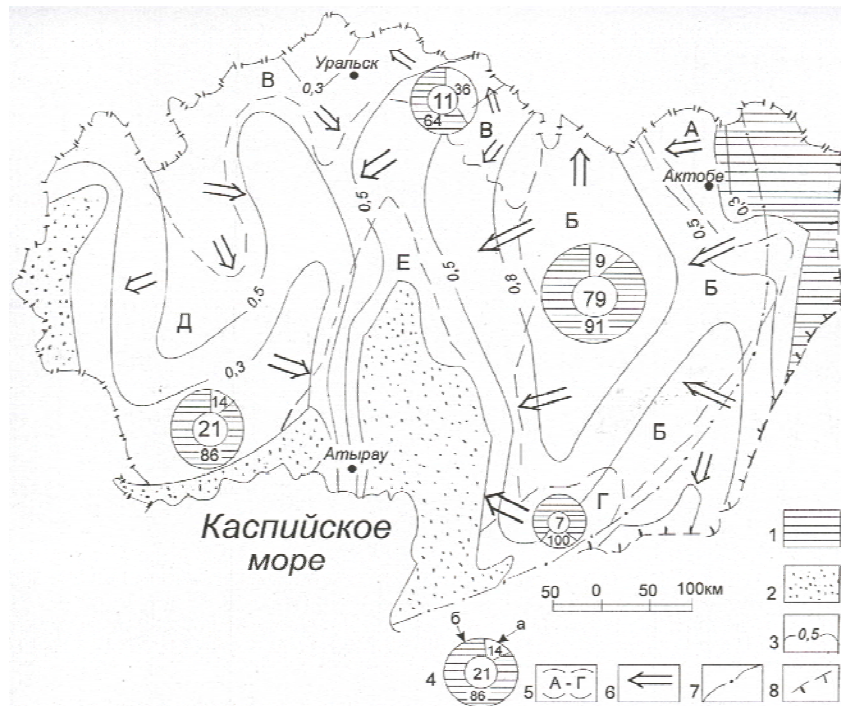


Рис. 3. Схематическая карта модулей подземного химического стока в зоне активного водообмена Прикаспийской впадины и ее горного обрамления. 1 – основная область формирования подземного солевого стока в пределах горной территории; 2 – основная область накопления солей из подземных вод; 3 – изолиния среднего модуля подземного химического стока; 4 – суммарный подземный химический сток в отдельных расчетных районах: в центре круга – общая сумма химического стока (кг/с); внутри круга – химический сток (% от его общей суммы): а – поступающей в р. Урал, б – химический сток на местных сорово-солончаковых площадях; 5 – расчетные районы и их контуры (название дано на рис.2); 6 – основные направления миграции подземного химического стока; 7 – восточная граница солянокупольной области Прикаспийской впадины; 8 – водораздельная линия (восточная) Каспийского региона

$$q_{xc} = q_{nc} \cdot M = \frac{Q_{xc}}{F},$$

где  $q_{xc}$  и  $Q_{xc}$  – подземный химический сток соответственно с площади 1 км<sup>2</sup> (г/с Ч км<sup>2</sup>) и со всей расчетной площади (кг/с);  $q_{xc}$  (и  $Q_{xc}$ ) – подземный водный сток с единицы площади (л/с Ч км<sup>2</sup>) и со всей расчетной площади (м<sup>3</sup>/с);  $F$  – расчетная площадь, тыс. км<sup>2</sup>.

Часть названных параметров основных водоносных образований (комплексов), в толще которых мигрирует химический сток (модуль подземного водного стока, его общая сумма и расчетная площадь), рассмотрена выше. Отметим, что подземный химический сток, величина одного из расчетных показателей – минерализации воды в регионе в среднем изменяются от 0,5, реже до 3 г/л (см. табл. 1). В процессе исследований нами оценены удельные модули химического стока для всех основных водоносных комплексов, по которым перемещаются водные потоки, во всех выделенных районах. Они также

приведены в этой табл. 1. Кроме того, площадное распределение модуля химического стока и региональные направления его миграции по результатам наших исследований показаны на рис. 3.

Исходя из величин названных параметров подземных вод (водного и химического стока) зоны активного водообмена и показателей, отображенных на схемах, обосновываются общие средние модули и основные направления подземного химического стока по выделенным и описанным районам.

На площади *горного обрамления впадины* – в западных частях Южного Уралтау и Мугоджар подземный химический сток формируется, как отмечено, на общей площади 47,5 тыс. км<sup>2</sup> в основном в водоносных комплексах допалеозойских и палеозойских метаморфических, интрузивных, эффузивных и осадочных пород, отчасти мезозойских и четвертичных аллювиальных отложений. Средняя минерализация подземных вод, мигрирующих в их толщах, колеблется от 0,5 до

Таблица 2. Среднее содержание микроэлементов в подземных водах Южно-Уралтау-Мугоджарского горно-складчатого района [2], мкг/л

Микроэлемент	Зоны			
	Сакмарская	Орь-Илекская	Зеленокаменная	Центрально-Мугоджарская
Cu	6,4	5,9	3,9	7,2
Zn	24,9	47,5	14,5	48,0
Pb	2,67	1,55	3,1	5,5
Ag	3,19	0,13	0,59	2,4
Sb	-	8,2	1,9	8,97
Mn	351,0	82,7	55,8	50,4
Ni	14,9	24,9	5,87	12,6
Ti	92,7	68,6	-	80,0
V	2,24	1,5	1,83	1,1
Cr	-	2,7	-	-
Mo	3,27	0,55	0,8	3,0
Ba	65,9	-	66,0	-

0,8 г/л. Наибольший модуль химического (суммарного ионного) стока имеют водоносные аллювиальные, меловые и палеогеновые комплексы – в среднем по району от 0,50 до 0,87 г/с Ч км<sup>2</sup>. В толще других водоносных образований средние удельные значения его составляют 0,2 – 0,3 г/с Ч км<sup>2</sup>. Общая сумма химического стока на всей расчетной площади горного района равна 14,55 кг/с, или 458,33 тыс. т/год (см. табл. 1). Миграция его почти в равной степени направлена, так и подземного водного стока, на север – в сторону р. Урала, а также на запад – в направлении Прикаспийской впадины.

По отдельным структурным Южного Уралтау и Мугоджар, судя по данным исследований К. М. Давлетгалиевой [2], в составе химического стока приведены результаты установленных микроэлементов (см. табл. 2). Содержание их в сотни раз меньше, чем основных ионов (СО<sub>3</sub>, НСО<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, Ca, Mg, Na, K) в этих водах. Приведенные данные отражают общий элементный состав химического (ионного) стока рассматриваемого района в целом. Отметим, что такие подробные сведения о содержаниях микроэлементов в подземных потоках различных водоносных комплексов зоны активного водообмена выделенных районов непосредственно самой Прикаспийской впадины, судя по имеющимся редким данным, находятся примерно в тех пределах, как в подземных водах зоны поверхностного выветривания Уралтау-Мугоджарского района.

На территории самой Прикаспийской впадины наибольший общий объем подземного хими-

ческого стока устанавливается в Подуральном плато (включая приток со стороны Актюбинского Приуралья и Западного Предмуроджарья) – более 79 кг/с, или 2,5 млн т/год. Средний модуль химического стока составляет 0,81 г/с Ч км<sup>2</sup>; изменение его в отдельных водоносных комплексах от 0,2 до 0,9 г/с Ч км<sup>2</sup> (см. табл. 1). Основная его масса (почти 91% общего объема, или около 72 кг/с) с подземным водным стоком уходит в центральную часть впадины или в местные озерно-соровые понижения. Только небольшая часть (около 9% общего объема) стока по системе речной сети района поступает в р. Урал (см. рис. 3).

Не рассматривая детали подземного химического стока в других (Северном, Южно-Эмбинском и Центральном) районах впадины, отметим, что его общий объем в них невелик, колеблется от 6,7 (Южно-Эмбинский район) до 21,1 кг/с (Центральный), или соответственно от 0,21 до 0,67 млн т/год. В этих районах минерализация подземного водного потока в зоне активного водообмена изменяется в среднем от 1 до 3 г/л, а модуль химического стока от 0,15 до 1,0 г/с Ч км<sup>2</sup> при усредненных его значениях 0,25 – 0,51 г/с. км<sup>2</sup> (см. табл. 1–2).

Основная часть вещественного состава подземного химического стока в названных районах (от его полного объема в Южно-Эмбинском районе до 86% объема в Центральном и 64% в Северном) разгружается во многочисленных озерно-соровых и других понижениях. Лишь относительно небольшая часть этого стока (14% в Центральном и 36% в Северном районах) различными путями поступает в конечном итоге в р. Урал,

а затем по ней достигает конечного базиса стока – Каспийского моря (см. рис. 3).

В рассматриваемом регионе химический сток зоны активного водообмена на общей площади 267,2 тыс. км<sup>2</sup> образуется в количестве 132,4 кг/с, или почти 4,2 млн т/год. Из них только 15,8% (0,66 млн т/год) со стоком р. Урал поступает в конечный базис стока региона – Каспийское море. Такая масса химических веществ, поступающих в море с подземным стоком из зоны активного водообмена со стороны Прикаспийской впадины, по сравнению с многолетним объемом Каспийской воды (78500 км<sup>3</sup>) за год составляет ничтожную величину – менее 0,1% этого объема. На соленость морской воды это не оказывает заметного влияния.

Однако основная часть подземного химического стока зоны активного водообмена в казахстанской части Прикаспийской впадины (84,2% общего количества стока, или порядка 3,5 млн т год) разгружается, главным образом, в центральных районах впадины, а соли, содержащиеся в нем, оседают во многочисленных сорочных и других замкнутых понижениях общей площадью более 55 тыс. км<sup>2</sup>. На каждом 1 км<sup>2</sup> площади этих понижений образуется ежегодно в среднем более 60 кг солевой массы. Эти данные свидетельствуют о том, что Прикаспийская впадина, особенно ее низменная, центральные территории, не

только была в геологическом прошлом, но и в настоящее время является солеродным бассейном.

Количественные и качественные показатели водно-химического стока изучены нами в последние годы на всей территории Мангистау, а также в казахстанской части плато Устюрт. В настоящее время проводятся подобные исследования в бассейне Аральского моря (в казахстанской части) и Балхаш-Илийском бассейне.

Полученные в процессе этих исследований данные будут иметь не только большое теоретическое и методическое значение, их можно использовать для прогнозирования подземного водно-солевого режима и естественных ресурсов подземных вод, намечаемых для практического использования в ближайшей и дальней перспективе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бочкарева В.А., Сыдыков Ж.С. Современные гидрогеологические условия формирования подземных вод // Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. Алма-Ата, 1973. С. 150 – 170.
2. Давлетгалиева К.М. Гидрохимия Южно-Уральского, Каратауского и Чу-Илийского рудных поясов. Алма-Ата, 1987. 240 с.
3. Сток подземных вод Казахстана. Алма-Ата, 1964. 86 с.
4. Сыдыков Ж.С. Прикаспийский район // Подземный сток на территории СССР. М., 1966. С. 100–106.
5. Сыдыков Ж.С. Формирование подземных вод Западного Казахстана // Гидрохимия, гидротермия подземных вод Казахстана. Алма-Ата, 1969. С. 3–27.
6. Сыдыков Ж.С. Формирование подземного стока Прикаспийской впадины // Формирование подземного стока на территории Казахстана. Алма-Ата, 1970. С. 29–37.