

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

УДК 631.4:631.6

Н. Ф. ГЛАЗОВСКИЙ

**ВЛИЯНИЕ ГЛУБОКОГО ПОДЗЕМНОГО СТОКА
НА СОЛЕНАКОПЛЕНИЕ В ГРУНТОВЫХ ВОДАХ
И ПОЧВАХ АРИДНЫХ ОБЛАСТЕЙ**

Показана роль подземного стока в привносе и выносе солей в ландшафтах аридных областей. Для отдельных районов определены модули ионного выноса и ионной разгрузки. С разгрузкой подземных вод связано образование некоторых биогеохимических провинций. Обращено внимание на необходимость учета глубокого подземного стока при обосновании крупных мелиоративных проектов.

Важная роль подземных вод в соленакоплении показана Ковдой [10], Ковдой с соавт. [11, 12], Соколовским [16], Макаренко [13]. В последнее десятилетие интересные работы в этом направлении выполнены Ходжибаевым и Алиевым [18], Гринь [7] и некоторыми другими исследователями. Вместе с тем в большинстве работ определяется роль подземных вод в солевых балансах относительно небольших по площади территорий, причем обычно учитываются лишь грунтовые воды. В настоящее время в связи с необычайно возросшими темпами освоения земель и широким фронтом мелиоративных работ возникает задача возможно более полного определения солевых балансов территорий, площадь которых составляет миллионы гектаров.

В связи с этим целесообразно на конкретных примерах показать значение подземного стока в солевых балансах крупных территорий, определить методы, которыми оно может быть установлено, а также выделить те районы аридных областей СССР, где этот процесс имеет наиболее важное значение. При этом мы не будем останавливаться на грунтовых водах, которые, с одной стороны, рассмотрены в многочисленных работах по мелиорации, а с другой — влияют на перераспределение солей в пределах относительно небольших площадей, и сосредоточим внимание на определении значения глубокого подземного стока, значительно менее изученного, но имеющего, на наш взгляд, важное значение в солевых балансах огромных территорий.

Как известно, в бассейнах глубокого подземного стока выделяются области питания, приуроченные обычно к гипсометрически более высоко расположенным выходам водопроницаемых отложений на поверхность и области разгрузки, где происходит поступление подземных вод на поверхность земли или в водоемы.

В общем случае в областях питания часть подземных вод, формирующихся за счет атмосферных осадков, конденсации или поглощения поверхностных вод, дренируется речной сетью, испаряется и транспирируется. Эта доля подземного стока обычно учитывается при водно- и солебалансовых расчетах. Некоторое количество подземных вод просачивает-

Таблица 1

Соотношение поверхностного и подземного стока некоторых областей питания артезианских бассейнов Южного Казахстана, $10^6 \text{ м}^3/\text{год}$ [17]

Артезианский бассейн	Область питания	Районы	Сток за пределы района	
			поверхностный	подземный
Копя-Илийский	Заилийский Алатау	горные	1654	220
		предгорные	625	1907
Южно-Прибалхашский	Джунгарский Алатау	горные	2446	132—353
		предгорные	1443	851
		горные	480*	200
Мууюнкумский	Горы Кендыктас	предгорные	200 (2200)**	150
		горные	110	40
	Каратау	предгорные	Нет данных	
		горные	205	75
		предгорные	0	307

* Только в пределах Казахской ССР.

** Включая р. Чу.

ся глубже местных базисов стока и идет на питание глубоких водоносных горизонтов. Эта часть стока в солевых расчетах практически не учитывается. Вместе с тем при определенных условиях она имеет важное значение. Так, например, как это было установлено Казахстанскими гидрогеологами [17], для большинства северных хребтов Тянь-Шаня, представляющих собой области питания артезианских бассейнов Южного Казахстана, подземный сток глубокой инфильтрации составляет $>10\%$ от объема речного стока (табл. 1). Для некоторых горных районов — Киргизского Алатау, Кендыктас и Каратау — подземный сток глубокой инфильтрации составляет 30—40% от речного. Так как минерализация речных и подземных вод в горных областях отличается незначительной, то отсюда следует, что 10—40% солей из ландшафтов горных областей выносятся с глубоким подземным стоком.

Еще большее значение этот сток имеет в выносе солей из предгорных районов. Именно здесь теряется значительная часть стока горных рек, причем сток некоторых из них полностью прекращается. Вместе с тем именно предгорные области как в Южном Казахстане, так и во многих других аридных районах являются основными областями питания водоносных горизонтов артезианских бассейнов, так как здесь помимо инфильтрации атмосферных осадков на питание водоносных горизонтов идет значительная часть речных вод, поступающих с гор. Поглощению поверхностных вод благоприятствует литологический состав пород предгорных равнин. Поэтому в предгорных районах соотношение поверхностного и подземного оттока иное, чем в горных (табл. 1). Для Джунгарского, Киргизского и Заилийского Алатау подземный отток составляет 30—300% от речного, а в предгорьях Каратау водный отток, а следовательно, и вынос солей происходят практически полностью в результате подземного стока.

Подземный сток глубокой инфильтрации играет важную роль в выносе солей и для других районов, являющихся областями питания глубоких водоносных горизонтов. К ним относится, например, район ленточных боров на востоке Казахстана и в Новосибирской обл., где происходит интенсивная инфильтрация вод в водоносные горизонты Западно-Сибирского артезианского бассейна. По данным Есенова с соавт. [9] лишь в ленточных борах Семипалатинского Прииртышья и Кулунды только в меловой водоносный горизонт инфильтруется около 1200 млн. м^3 воды в год. Так как минерализация подземных вод составляет в этом районе 0,3—0,6 г/л, то, следовательно, за пределы района с подземным стоком выносятся $3,6—7,2 \cdot 10^5$ т солей в год. Интересно сопоставить этот эле-

мент расходной части солевого баланса с важным элементом приходной части — атмосферными осадками. На расчетную область питания (20 тыс. км²) ежегодно выпадает около $9 \cdot 10^9$ м³ атмосферных осадков, содержание солей в них составляет в среднем 30 мг/л [4]. Следовательно, общий привнос солей на эту площадь с атмосферными осадками равен $2,7 \cdot 10^8$ т/год. Таким образом, привнос солей с атмосферными осадками и вынос их глубоким стоком имеют один порядок.

В некоторых случаях районы солевого выноса связаны не с региональными, основными, а с местными областями питания глубоких водоносных горизонтов. Так, например, на Джусалинском поднятии в низовьях Сырдарьи, представляющем собой местную, дополнительную область питания Кызылкумского артезианского бассейна, ежегодно инфильтруется в меловые водоносные горизонты около $3 \cdot 10^7$ м³ воды [17]. Так как минерализация подземных вод в этой области питания составляет 1—2 г/л, то с подземными водами мелового комплекса ежегодно выносятся около $3—6 \cdot 10^4$ т солей. Для сравнения отметим, что на эту же площадь ежегодно с атмосферными осадками поступает около $1 \cdot 10^4$ т солей (количество осадков 200 мм, их минерализация 50 мг/л, площадь области питания $1 \cdot 10^9$ м²) *.

Распределением областей питания водоносных горизонтов можно объяснить и различие в составе и минерализации грунтовых вод некоторых крупных песчаных массивов. Так, например, если сравнить химический состав вод песчаных массивов Большие Барсуки — с одной стороны — и массивов Сам и Моинкумы — с другой, то окажется, что в первых пресные гидрокарбонатные воды распространены гораздо шире, чем во вторых. Анализ гидрогеологической обстановки показывает, что к пескам Большие Барсуки приурочена область питания палеогеновых водоносных горизонтов Северо-Приаральского артезианского бассейна, поэтому в этих песках в целом существует промывной режим. Песчаные массивы Сам и Моинкумы, напротив, приурочены к областям разгрузки подземных вод, поступающих со стороны Устюрта и Мугоджар, поэтому пресные воды здесь распространены менее широко.

Таким образом, глубокий подземный сток представляет собой для некоторых территорий важнейший фактор рассоления, уравновешивая в целом поступление солей с атмосферными осадками. Если бы отсутствовал такой сток, процессы соленакопления шли бы гораздо интенсивней. Условия для выноса солей с подземными водами существуют во многих других областях питания артезианских бассейнов Казахстана и Средней Азии — некоторых районах Казахского мелкосопочника, Приуралья, Мугоджар, Общего Сырта, Копетдага, низкогорных возвышенностей Кызылкумов, на Устюрте, Туаркыре и т. д.

Вместе с тем, по-видимому, несравненно большее значение в солевых балансах грунтовых вод и почв аридных областей имеет разгрузка глубоких подземных вод. Это связано как с большей площадью, на которой происходит разгрузка, по сравнению с площадью областей питания, так и с более высокой минерализацией подземных вод в областях разгрузки. Необходимо отметить, что в последнее время в гидрогеологии несколько изменилось представление о приуроченности областей разгрузки глубоких подземных вод к каким-то региональным дренам. Хотя в некоторых частных случаях разгрузка подземных вод действительно может происходить в основном в таких дренах, в общем случае, как это показывают балансовые и гидродинамические расчеты [5], эта разгрузка происходит практически по всей площади артезианского бассейна путем вертикального перетекания подземных вод через кровлю водовмещающих отложений. При этом значительная часть подземных вод разгружается еще

* Здесь, естественно, не учитываются соли, поступающие из атмосферы не только с атмосферными осадками.

в краевых частях бассейна, относительно неподалеку от современных областей питания. Так, например, в Западно-Сибирском бассейне 80% стока, формирующегося на Предалтайской равнине, разгружается еще на территории Правобережного Прииртышья и лишь часть его (20%) перемещается в сторону Казахского мелкосопочника и центральных частей артезианского бассейна [3]. Несмотря на такое уменьшение объема стока за счет разгрузки по мере удаления от областей питания, поступление солей с разгружающимися подземными водами будет уменьшаться значительно медленнее, а в некоторых случаях даже возрастать, поскольку по мере удаления от областей питания минерализация подземных вод увеличивается. Таким образом, в результате площадной разгрузки подземных вод на огромных территориях должен происходить вынос солей глубокими подземными водами в грунтовые воды и почвенно-грунтовую толщу. В гумидных областях, где постоянно происходит промывание почвенно-грунтовой толщи и имеются условия для оттока грунтовых вод и, следовательно, солей, влияние разгрузки глубоких вод может проявляться в почвах лишь в накоплении отдельных компонентов: микроэлементов, а в некоторых случаях сульфатов, карбонатов, железа. Несравненно большее значение имеет разгрузка подземных вод в аридных областях, где поступившие с подземными водами соли накапливаются в грунтовых водах и почвах.

Оценить значение поступления солей с глубокими подземными водами можно в зависимости от изученности данного бассейна тремя методами. В том случае, если гидрогеологическая изученность недостаточна для непосредственных гидродинамических расчетов разгрузки подземных вод, для оценки поступления солей можно использовать данные по водному балансу отдельных частей бассейна. Так, например, ежегодный подземный сток из областей питания Южно-Прибалхашского артезианского бассейна составляет $878 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ воды, из которых около $500 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ достигают оз. Балхаш [17]. Следовательно, на равнинах Южно-Прибалхашской впадины ежегодно разгружается $378 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ воды. Минерализация подземных вод составляет в среднем 3 г/л , поэтому общая ионная разгрузка равна $1,1 \cdot 10^6 \text{ т/год}$, а модуль ионной разгрузки (при площади разгрузки $79\,660 \text{ км}^2$) — 14 т/км^2 в год.

В качестве еще одного примера приведем Муюнкумский артезианский бассейн. В область разгрузки здесь ежегодно поступает $371 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ воды [17], имеющей минерализацию в среднем 2 г/л . Следовательно, ежегодно на равнинную часть бассейна привносится $0,74 \cdot 10^6 \text{ т}$ солей. Для сравнения отметим, что ионный сток крупнейшей реки этого бассейна — Чу, теряющейся в песках, составляет $1 \cdot 10^6 \text{ т/год}$ [14]. Таким образом, масштабы поступления солей с подземными и речными водами имеют один порядок. Вместе с тем рассеяние стока р. Чу и аккумуляция солей речных вод происходит относительно на небольшой площади вдоль русла реки, в то время как разгрузка подземных вод идет на значительно большей территории.

Естественно, точность таких оценок, основанных на балансе подземных вод в областях питания и разгрузки, невысока, особенно если минерализация подземных вод сильно изменяется по мере удаления от областей питания. Точность и детальность расчетов может быть повышена, если известна гидродинамическая картина потока и водопроницаемость водоносных горизонтов. Тогда можно определить горизонтальную составляющую потока подземных вод для нескольких створов, расположенных по потоку, а затем, сравнивая расходы на разных створах, определить объем разгрузки подземных вод между створами. В качестве примера приведем Эмбинский артезианский бассейн в Прикаспии (рис. 1). Основной водоносный напорный комплекс приурочен здесь к нижнемеловым отложениям. Движение подземных вод происходит от Мугоджар к Каспийскому морю. Минерализация подземных вод постепенно увеличивает

ся от 1—2 г/л вблизи областей питания до 10—15 г/л в среднем течении р. Эмбы, а затем возрастает очень быстро, достигая вблизи побережья Каспия 100—150 г/л. Такое резкое увеличение минерализации связано с выщелачиванием подземными водами галогенных пород соляных куполов, широко распространенных в этом районе.

Для гидродинамических и гидрохимических расчетов весь изучаемый район разбит на четыре зоны, протягивающиеся от областей питания к областям разгрузки, а в каждой зоне выделено по несколько блоков, для

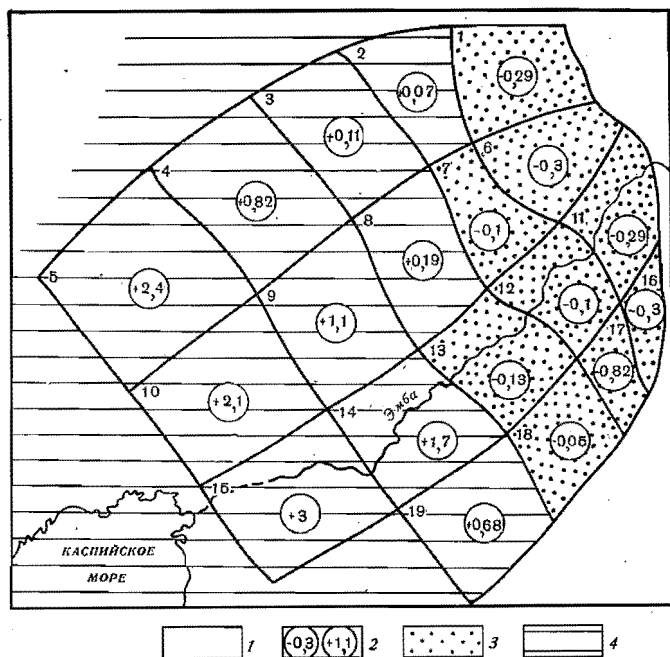


Рис. 1. Вынос и поступление солей в результате стока подземных вод нижнемелового комплекса Эмбинского артезианского бассейна

1 — номер расчетного блока; 2 — модули выноса солей (—) в областях питания и привноса солей (+) в областях разгрузки, т/км² в год; 3 — области питания (выноса солей); 4 — области разгрузки (привноса солей)

которых известны основные расчетные параметры. Для каждого блока определяли горизонтальный расход потока за пределы блока по известной в гидрогеологии формуле:

$$Q_{гор} = \frac{K_{п} \nu \Delta H m L}{\mu \Delta l},$$

где $Q_{гор}$ — горизонтальный расход потока, см³/сек; $K_{п}$ — коэффициент проницаемости, дарси; ν — плотность жидкости, кг/см³; μ — вязкость жидкости, спз; ΔH — падение напора, см; Δl — расстояние, см; m — мощность водоносного горизонта, см; L — длина фронта потока, см.

Сравнивая величину горизонтального расхода для соседних блоков в пределах одной зоны, можно определить количество воды, идущей в каждом блоке на питание водоносного комплекса или же на разгрузку из него, а затем, зная площадь блока и среднюю минерализацию вод, — модуль водной и ионной разгрузки (или питания), а также общее количество поступающих в водоносный комплекс солей или же выносимых из него в верхнюю почвенно-грунтовую толщу (табл. 2).

Такое сравнение позволяет выделить область питания водоносного комплекса (блоки 1, 6, 7, 11, 12, 13, 16, 17, 18) и область разгрузки

Таблица 2

Вынос и поступление солей в результате стока подземных вод нижнемелового комплекса Эмбинского артезианского бассейна

Номер зоны	Номер блока	Расчетные параметры (по данным [15, 19])								S блока, 10^3 км^2	Q _{гор} за пределы блока $10^3 \text{ м}^3/\text{год}$	Вертикальный расход в пределах блока: (-) питание, (+) разгрузка		Вынос солей при питании (-) или поступление при разгрузке (+)		
		K _п , δ	v, 10^{-3} кг/см^3	μ, слз	ΔH, 10^2 см	ΔL, 10^5 см	L, 10^5 см	m, 10^2 см	M, г/л			Σ, $10^6 \text{ м}^3/\text{год}$	модуль, $\text{м}^3/\text{год}$ на км^2	Σ, 10^3 т/год	модуль, т/год на км^2	
1	1	1,2	1	0,98	100	61	112	40	1	9,6	2800	-2,8	-290	-2,8	-0,29	
	2	1	1	1	50	60	120	80	1,5	6,0	2500	+0,3	+50	+0,45	+0,07	
	3	0,8	1	1,05	50	73	125	95	2	9,6	1960	+0,54	+56	+1,1	+0,11	
	4	0,6	1,05	1,15	50	100	125	90	10	12,0	980	+0,98	+82	+9,8	+0,82	
	5	0,4	1,1	1,3	50	135	125	45	50	15,6	225	+0,75	+48	+87,7	+2,4	
2	6	1,2	1	0,97	100	90	80	65	1	7,6	2250	-2,25	-295	-2,2	-0,3	
	7	0,95	1	1	50	62	123	90	1,5	6,4	2700	-0,45	-70	-0,68	-0,1	
	8	0,85	1	1,1	50	88	115	125	2	7,6	1980	+0,72	+95	+1,4	+0,19	
	9	0,65	1,05	1,2	50	105	112	85	10	10,4	820	+1,16	+112	+11,6	+1,1	
3	10	0,45	1,1	1,3	50	125	120	50	50	12,6	275	+0,54	+33	+27,3	+2,1	
	11	0,9	1	0,98	100	90	100	45	1	5,0	1450	-1,45	-290	-1,4	-0,29	
	12	0,9	1	1	50	80	105	110	1	5,8	2050	-0,6	-103	-0,8	-0,1	
	13	0,8	1	1,05	50	90	140	150	1,5	8,6	2800	-0,75	-87	-2,1	-0,13	
	14	0,6	1,05	1,15	50	112	100	160	10	9,0	1230	+1,57	+170	+15,7	+1,7	
	15	0,45	1,1	1,25	50	123	100	110	50	11,0	560	+0,67	+61	+33,5	+3	
4	16	1,1	1	0,96	50	30	45	20	1	1,8	540	-0,54	-300	-0,54	-0,3	
	17	1	1	1	50	40	70	70	1	1,6	1930	-1,39	-820	-1,4	-0,82	
	18	0,85	1	1,02	50	83	75	180	1,5	6,0	2130	-0,2	-33	-0,3	-0,05	
	19	0,65	1,05	1,1	50	105	88	190	10	8,4	1560	+0,57	+68	+5,7	+0,68	
Итого: ежегодно выносится с подземными водами, ежегодно привносится с подземными водами													-11,4	+194		

(блоки 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 14, 15, 19). Часть подземных вод разгружается западнее изученного района — на побережье и дне Каспийского моря.

Модули ионного выноса солей из почвенно-грунтовой толщи в области питания составляют $0,3—1,6 \text{ т/км}^2$ в год, а ионного привноса (в областях разгрузки) — до 3 т/км^2 в год. Общий привнос солей с разгружающимися подземными водами на изученной территории составляет около 200 тыс. т. Для сравнения отметим, что привнос солей в Прикаспий одной из крупнейших рек этого района — Эмбой — составляет, по данным Алекина и Бражниковой [2], 99 тыс. т.

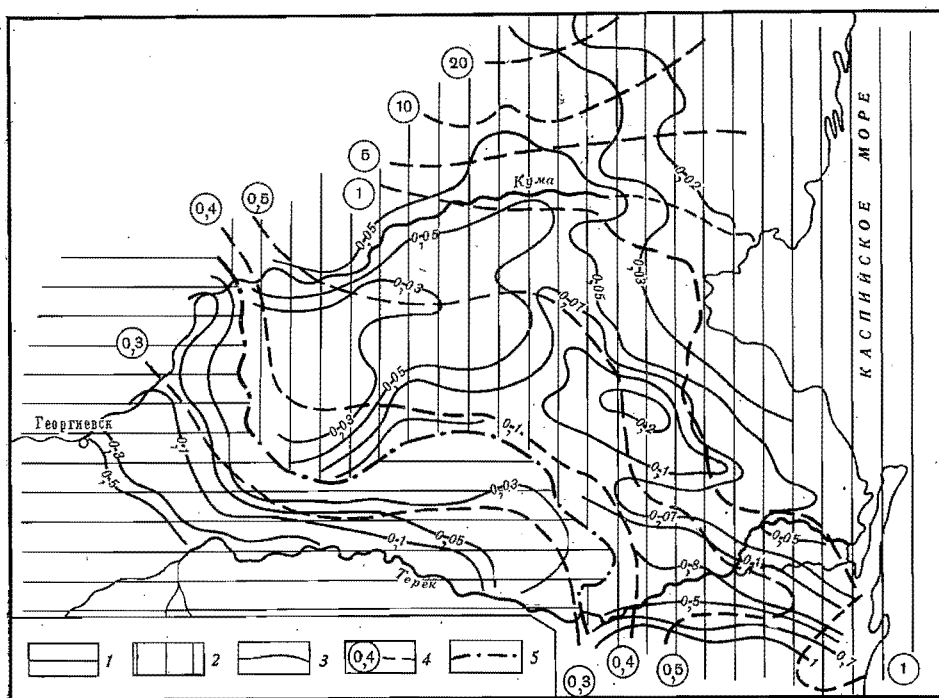


Рис. 2. Питание, разгрузка и минерализация подземных вод древнечетвертичного водоносного комплекса Терско-Кумского артезианского бассейна (Восточное Предкавказье)

1 — области питания; 2 — области разгрузки; 3 — модули питания и разгрузки, л/сек-км² (1—3 — по Джамалову [8]); 4 — минерализация подземных вод, г/л; 5 — граница областей питания и разгрузки

Для наиболее изученных бассейнов подземных вод можно провести и более точную оценку геохимического влияния подземного стока и его распределения по площади. В качестве примера приведем Терско-Кумский артезианский бассейн в Северо-Западном Прикаспии (рис. 2).

Верхняя часть гидрогеологического разреза этого бассейна представлена горизонтом грунтовых вод, на большей части территории отделенным глинистыми отложениями хвалынского возраста от первого напорного водоносного комплекса — древнечетвертичного. Питание этого напорного комплекса происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод в области выхода древнечетвертичных отложений в предгорьях Дагестана и на Кабардинской наклонной равнине, а также за счет подпитывания водами нижележащих водоносных комплексов. Разгрузка происходит в основном в пределах Терско-Кумской равнины в результате перетекания в вышележащий горизонт грунтовых вод. Минерализация подземных вод древнечетвертичного комплекса со-

ставляет в области питания 0,3—0,4 г/л, постепенно возрастая в северо-восточном направлении до 2—4 г/л в районе р. Кумы и побережья Каспийского моря. Севернее р. Кумы минерализация очень быстро растет, вплоть до 20—25 г/л в районе пос. Комсомольский, что связано с перетеканием в этом районе в древнечетвертичный водоносный комплекс высокоминерализованных подземных вод из более глубоких водоносных горизонтов, особенно мезозойских (рис. 2). Хорошая гидрогеологическая изученность верхней части этого бассейна позволила Джамалову [8] дать количественную оценку и составить карту взаимосвязи древнечетвертичного водоносного комплекса и горизонта грунтовых вод (рис. 3). Поэто-

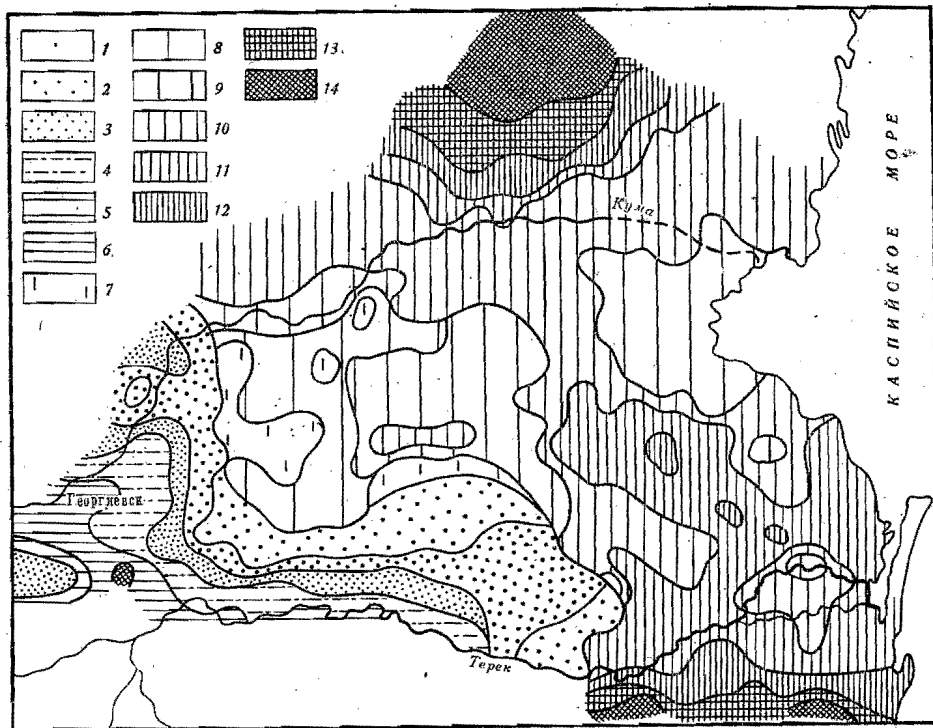


Рис. 3. Вынос и привнос солей водами древнечетвертичного водоносного комплекса

1—6 — вынос солей из почвенно-грунтовой толщи в области питания древнечетвертичного водоносного комплекса, г/км² в год: 1—0,1—0,3; 2—0,3—0,5; 3—0,5—1,0; 4—1—2; 5—2—5; 6—5—10; 7—14 — привнос солей в почвенно-грунтовую толщу в областях разгрузки древнечетвертичного водоносного комплекса, г/км² в год: 7—0,1—0,3; 8—0,3—0,5; 9—0,5—1,0; 10—1—2; 11—2—5; 12—5—10; 13—10—15; 14—15—22

му, зная распределение минерализации и модули взаимосвязи напорных и грунтовых вод, можно определить солевое взаимодействие между древнечетвертичным водоносным комплексом и горизонтом грунтовых вод. Для этого наиболее изученная территория бассейна была разбита на квадраты площадью 100 км², для каждого из которых был известен, по данным Джамалова [8], модуль водной взаимосвязи напорных и грунтовых вод, и определенное нами среднее значение минерализации вод древнечетвертичного комплекса. Путем умножения среднего значения минерализации на модуль ионной взаимосвязи получаем модуль ионного питания древнечетвертичного водоносного комплекса (для областей питания) или модуль его ионной разгрузки в горизонт грунтовых вод (для областей разгрузки). Как видно из составленной по полученным данным схеме ионной (солевой) взаимосвязи грунтовых вод и вод древнечетвертичного комплекса (рис. 3), наибольший вынос солей из горизонта грун-

товых вод происходит в районе среднее течение Терека — г. Георгиевск, что объясняется наилучшими условиями водного питания древнечетвертичного комплекса в этом районе. Модули ионного питания, или выноса солей, из горизонта грунтовых вод в древнечетвертичный водоносный комплекс составляют $0,15-6,5$ т/км² в год. Модули ионной разгрузки, или поступления солей, из напорного древнечетвертичного горизонта в грунтовые воды колеблются от $0,1$ до 22 т/км² в год, а средневзвешенный по площади модуль ионной разгрузки равен $6,5$ т/км² в год. Для сравнения отметим, что модуль поступления солей с атмосферными осадками для этого района равен $10-20$ т/км² в год. Модули ионной разгрузки в целом растут в направлении с запада на восток. Выделяющаяся обособленная область несколько пониженной солевой разгрузки на востоке бассейна в районе Кизлярского залива связана с относительно пониженной минерализацией вод древнечетвертичного комплекса. Наибольшее поступление солей в грунтовые воды с напорными происходит на юго-востоке и севере бассейна. В первом районе это связано с тем, что для него характерны наиболее высокие модули водной разгрузки и поэтому, несмотря на невысокую минерализацию напорных вод, количество поступающих с ними солей велико. Северная область интенсивного солевого перетока в грунтовые воды связана, напротив, именно с высокой минерализацией напорных вод, хотя модули водного перетекания в этом районе невелики. Общее количество солей, поступающих ежегодно в почвенно-грунтовую толщу и грунтовые воды при разгрузке напорных вод, для всей площади разгрузки равно $2,6 \cdot 10^5$ т. Таким образом, хорошая изученность этого бассейна позволила не только оценить общее количество выносимых и привносимых с глубокими водами солей, но и достаточно детально охарактеризовать распределение этого процесса по площади. Как показывают проведенные расчеты, глубокий подземный сток для этой территории представляет собой важнейший элемент солевого баланса почвенно-грунтовой толщи и по своим масштабам вполне сопоставим с другим элементом солевого баланса почв — поступлением солей с атмосферными осадками. При этом в наших расчетах не учитывалась разгрузка подземных вод из еще более глубоких горизонтов по разломам, что должно еще более увеличить значение подземных вод в соленакоплении на этой территории.

Наконец, необходимо отметить, что разгрузка подземных вод имеет важное значение не только в общем привносе солей в почвенно-грунтовую толщу, но и в поступлении отдельных компонентов. Четко проявляется, например, связь содового засоления почв в южной части Западной Сибири с процессами разгрузки. Именно здесь, как это уже отмечалось выше, происходит основная разгрузка напорных подземных вод, формирующихся в районе распространения борных песков Предалтайской равнины. Эти подземные воды имеют ярко выраженный содовый состав. По мере движения на северо-запад уменьшается разгрузка этих содовых вод, вследствие этого содовое засоление почв становится менее распространенным.

Именно с разгрузкой глубоких подземных вод связано, на наш взгляд, существование в Прикаспии борной биогеохимической провинции. Объяснить происхождение этой провинции атмосферным привносом бора или же первичной (сингенетической) борной засоленностью четвертичных каспийских морских отложений трудно, так как в этом случае должна наблюдаться прямая коррелятивная связь между содержанием в почвах бора и иода, а на самом деле такая корреляция отсутствует. Кроме того, борная биогеохимическая провинция в среднем и нижнем течении р. Эмбы захватывает не только область распространения каспийских морских отложений. Вместе с тем прямой расчет, проведенный таким же способом, как при определении общесолевой разгрузки подземных вод Эмбинского бассейна, показывает, что в результате такой разгрузки в припо-

верхностную почвенно-грунтовую толщу должно поступать $n \cdot 10^8$ т бора, $n \cdot 10^2$ т брома, $n \cdot 10$ т иода ежегодно лишь на изученной территории.

Таким образом, глубокий подземный сток имеет важное значение в солевом балансе почвенно-грунтовой толщи, а также в поступлении отдельных компонентов. В отличие от поверхностного стока, который захватывает далеко не все аридные области, подземный сток распространен практически повсеместно, существенно влияя на соленакопление в ландшафтах, а иногда и определяя его. Этот факт имеет, на наш взгляд, особенно важное значение в свете все расширяющегося освоения новых огромных территорий под земледелие. В ближайшие 20 лет в Казахстане и Средней Азии предполагается освоить под поливное земледелие около 4 млн. га [6], а в перспективе — до 34,2 млн. га [1], большая часть которых расположена именно в областях разгрузки подземных вод (рис. 1). При модулях солевой разгрузки 0, $n - n \cdot 10$ т/км² в год ежегодно на площадь предполагаемого орошения должно поступать с разгружающимися водами $n \cdot 10^5 - n \cdot 10^7$ т солей. Поэтому при реализации крупных мелиоративных проектов необходимо учитывать региональное поступление солей с подземными водами. Этот вопрос актуален и для других районов земли, поскольку, по данным ФАО [20], прирост орошаемых земель только к 1985 г. должен составить 35 млн. га.

Выводы

1. В областях питания артезианских бассейнов происходит вынос солей из почвенно-грунтовой толщи, имеющий в целом такой же порядок, как и поступление солей в почву с атмосферными осадками. Глубокий ионный подземный сток составляет для горных районов аридных областей СССР — 10—40% от речного ионного стока, а для предгорных — 30—300% и более.

2. Важнейшее значение имеет привнос солей в почвенно-грунтовую толщу в областях разгрузки подземных вод, составляя, в зависимости от модуля водной разгрузки и минерализации подземных вод 0, $n - n \cdot 10$ т/км² в год.

3. Большое значение имеет поступление с подземными водами микрокомпонентов. По-видимому, с этим процессом связано образование борной биогеохимической провинции в Прикаспии.

4. Практически повсеместное распространение глубокого подземного стока, огромные площади, в аридных областях представляющие собой районы разгрузки подземных вод, вызывают необходимость учета при реализации крупных мелиоративных проектов выноса и поступления солей с подземным стоком глубокой инфильтрации.

Литература

1. Адабышев И. И. Трагедия или гармония? «Мысль», 1973.
2. Алексин О. А., Бражникова Л. В. Сток растворенных веществ с территории СССР. М., 1964.
3. Бурова Н. Я., Всеволожский В. А., Дюнин В. И. Динамика подземного стока в нижнем гидрогеологическом этаже Западно-Сибирского артезианского бассейна. В сб.: Вопросы оценки взаимосвязи поверхностных и подземных вод. Изв. МГУ, 1972.
4. Воронков П. П. Формирование химического состава атмосферных вод и влияние его на почвенные растворы и склоновые воды. Тр. ГГИ, вып. 102. Л., 1963.
5. Всеволожский В. А. К вопросу о формировании разгрузки артезианских вод. В сб.: Вопросы гидрогеологии. Изв. МГУ, 1973.
6. Герарди И. А. Природно-хозяйственные основы переброски части стока сибирских рек в республики Средней Азии и в маловодные области Казахской ССР. В сб.: Мелиорация почв Средней Азии, Казахстана и Западной Сибири в связи с переброской части стока сибирских рек в южные районы страны. Пушино-на-Оке, 1973.
7. Гринь Г. С. Галогенез лёссовых почвогрунтов Украины. Киев, «Урожай», 1969.
8. Джамалов Р. Г. Подземный сток Терско-Кумского артезианского бассейна. «Наука», 1973.

9. *Есенов Ш. Е., Мухамеджанов С. М., Шлыгин Е. Д.* Проект «подземной реки» Казахстана. Природа, 1973, № 8.
10. *Ковда В. А.* Солончаки и солонцы. Изв. АН СССР, 1937.
11. *Ковда В. А., Славин П. С.* Почвенно-геохимические показатели нефтеносности недр. Изд. АН СССР, 1951.
12. *Ковда В. А., Егоров В. В., Морозов А. Т.* Закономерности процессов соленакопления в пустынях Арало-Каспийской низменности. Тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, т. 14, 1954.
13. *Макаренко Ф. А.* О величинах и темпах подземной химической денудации. Бюл. МОИП. Нов. сер., отд. геол., т. 27, вып. 1, 1952.
14. Почвы долины реки Чу. Алма-Ата, 1971.
15. *Садыков Ж.* Подземный сток в глубоких водоносных горизонтах Прикаспийской впадины. Тр. Ин-та гидрогеол. и геофиз. АН КазССР, вып. 1, 1968.
16. *Соколовский А. Н.* Засоленные почвы как одно из солепроявлений в земной коре. Почвоведение, 1941, № 7—8.
17. Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1973.
18. *Ходжибаев Н. Н., Алимов М. С.* Региональный водно-солевой баланс Голодной степи. Ташкент, 1966.
19. *Якуцени В. П.* Гидрогеология юго-востока Прикаспийской впадины в связи с нефтегазоспособностью. Тр. ВНИГРИ, вып. 167. Гостоптехиздат, 1961.
20. Projection relatives aux produits agricoles 1970—1980. V. 1, FAO, Rome, 1971.

Институт агрохимии и
почвоведения АН СССР.

Дата поступления
22.III.1976 г.

N. F. GLAZOVSKY

**EFFECT OF DEEP SUBSURFACE RUNOFF ON SALT ACCUMULATION
IN GROUND WATER AND SOILS OF ARID REGIONS**

The role of Subsurface runoff in the accumulation and removal of salts in landscapes of arid regions has been shown. For individual regions modules of ion removal and ion unloading have been determined. The formation of some biogeochemical provinces is connected with the unloading of subsurface water. The attention is paid to the necessity of taking into account the deep subsurface runoff when large reclamation projects are designed.