

А. Ф. ГОРБОВ

О КОНТИНЕНТАЛЬНОМ СОЛЕНАКОПЛЕНИИ В КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ

(Представлено академиком Д. С. Белянкиным 7 II 1950)

В полукольце горных областей Восточного Казахстана, Алтая и Салаира располагается обширная предгорная депрессия, в которой развиты третичные и четвертичные отложения, главным образом континентального происхождения. Восточную часть этой депрессии, находящуюся в пределах Обь-Иртышского междуречья, занимает Кулундинская степь.

Кулундинская степь является примером «великой аллювиальной равнины» (7), сформировавшейся в ледниковые и межледниковые эпохи четвертичного периода. В различных сериях аллювиальных и флювиогляциальных осадков Кулундинской степи запечатлены три фазы размыва и отложения, которые согласуются с данными о трехкратном оледенении Алтая (4).

Современная поверхность Кулундинской степи расчленена древними ложбинами стока на ряд плоских водоразделов, вытянутых с юго-запада на северо-восток. Водоразделы сложены лессовидными суглинками предпоследней ледниковой эпохи, в древних же ложбинах стока отложены пески, связанные с последним оледенением Алтая. Последними стадиями аллювиальной деятельности в песках древних ложбин стока были сформированы основные черты современного рельефа, которые несколько изменены последовавшими за плювиальной фазой процессами перевевания.

Кулундинская степь лежит в зоне сухого климата, вследствие чего значительные площади ее поверхности охвачены процессами континентального соленакопления. Наиболее интенсивно современное соленакопление в Кулундинской степи протекает по ложбинам древнего стока и охватывает осадки последней ледниковой эпохи.

Это служит указанием на то, что развитие процессов соленакопления всецело связано с послеледниковым временем.

Исследованный нами район Михайловской группы соленых озер находится в юго-западной, расширяющейся части Касмалинской (3) ложбины, на границе слияния ее с Прииртышской равниной. Этот район интересен тем, что здесь в непосредственной близости друг от друга находятся десятки озер различного химического состава — хлоридные, сульфатные и содовые, по степени концентрации от пресных до самосадочных и с присутствием в донных отложениях последних (в зависимости от химизма) поваренной соли, тенардита, мирабилита и соды*.

Озера различного химического состава располагаются в определенной последовательности, обычно цепочками по зонам древнего размыва или группами в замкнутых понижениях рельефа. Самосадочные озера занимают самые низкие места в юго-западной равнинной части Касма-

* В содовых озерах района широким развитием пользуется минерал гейлюссит ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

линской ложбины и по положению являются пунктами конечного стока поверхностных вод своего бассейна. Химизм рапы самосадочных озер различен и находится в зависимости от степени гидрологической развитости их бассейнов, осуществляющих питание озер водами и солями. Приведем три наиболее ярких примера из исследованных нами самосадочных озер и их бассейнов.

1. Бассейн оз. Вшивки представляет плоскую довольно обширную котловину, в которой среди солонцов находится группа озер, связанных между собой сухими протоками (ложбинами). Центральное место в котловине занимает крупное оз. Вшивка, самосадочное, с садкой поваренной соли. Питание озер осуществляется за счет атмосферных осадков, выпадающих на площади бассейна и стекающих по солонцам в озера и по системе сухих проток при высоком стоянии уровня воды в оз. Вшивку.

Как видно из данных табл. 1, химический состав вод в бассейне оз. Вшивка по пути стока от солонцов к последнему изменяется от крайнего гидро-карбонатно-натрового типа (¹¹) под солонцами периферии до хлор-магниевого типа в оз. Вшивка. Рапа оз. Приборового по химизму относится к промежуточному сульфатно-натровому типу.

2. Бассейн Соляноозерной степи гидрологически более развит. Он состоит из массы связанных между собой озер, которых насчитывается свыше 50, и русла р. Бакланихи, по которому озера степи периодически, во влажные годы, получают питание водами (и солями) за счет стока из системы слабо минерализованных крупных озер (Воловое, Беленькое, Золотое, Бычье), расположенных в 20—25 км северо-восточнее Соляноозерной степи. Конечным пунктом поверхностного стока вод в этой сложной системе является оз. Малиновое, в котором в осенне-зимний период происходит садка мирабилита.

Как видно из данных табл. 1, химический состав вод в озерах по пути стока изменяется от крайнего гидро-карбонатно-натрового типа в оз. Бердабай (содовое) до хлоридной группы сульфатно-натрового типа в оз. Малиновом. В грунтовых рассолах вблизи последнего были встречены реликтовые воды хлор-магниевого типа.

3. В качестве третьего примера приведем бассейн содовых озер Тататар. Он состоит из цепи слабо минерализованных озер и болотных массивов, связанных между собой сезонным (весенним) стоком вод. Сток поверхностных вод заканчивается в группе содовых озер, в которых в осенне-зимний период происходит садка соды.

Как видно из данных табл. 1, на всем пути стока в этом бассейне химизм вод остается однотипным, гидро-карбонатно-натровым, но в верховьях стока в химическом составе вод характерно абсолютное преобладание иона CO_3'' ($\text{CO}_3'' : \text{Cl}' = 3,6$), в то время как к конечным озерам заметно возрастает относительное содержание хлора ($\text{CO}_3'' : \text{Cl}' \cong 1$).

Общим для всех приведенных выше примеров является то, что в верховьях стока, в области выщелачивания горных пород и почв, всегда присутствуют воды гидро-карбонатно-натрового типа. Необходимо заметить, что воды этого типа чрезвычайно широко развиты на территории исследованного района. Объяснение этому факту мы находим в степени выщелоченности почв и в минеральном составе песков, развитых в районе.

Как показывают наши исследования, в настоящее время почвы района находятся на солонцовой стадии выщелачивания (рассоления), а процессы вторичного засоления в сухое время года развиваются по типу содового. Вследствие этого в почвенном комплексе района особенно широко развиты солонцы и содовые солончаки, определяющие и соответствующий им химизм вод.

Таблица 1

Химический состав вод (в г/мг-экв. на 1 л воды)

Место взятия пробы воды	Уд. вес	Na	Mg	Ca	Cl	НСО ₃	СО ₃	SO ₄	Сумма солей
Бассейн оз. Вшивки									
Вода под солонцами . . .	1,0299	12,29 534,6	следы	следы	3,91 110,3	2,57 42,1	7,62 253,7	6,18 128,5	32,57
Рапа оз. Селитренного	1,0510	22,9 998,5	0,2 16,4	0,1 5,0	14,4 406,1	2,7 44,3	0,3 10,0	26,9 559,5	67,5
Рапа оз. Приборового	1,0692	35,0 1524,3	2,2 180,0	0,7 34,9	45,4 1282,0	0,4 6,6	нет	16,9 351,5	100,6
Рапа оз. Вшивки	1,2204	72,9 3172,7	30,9 2540,9	0,6 30,6	185,8 5239,6	0,4 6,6	"	23,9 497,1	314,5
Бассейн Соляноозерной степи									
Рапа оз. Бердабай	1,0177	9,26 403,0	0,025 2,05	0,005 2,25	1,30 36,7	3,52 57,7	8,0 266,4	2,14 44,5	24,25
Рапа оз. Сев. Залив	1,0649	31,25 1359,3	0,06 4,93	0,003 0,15	27,90 786,8	2,11 34,6	1,54 51,3	23,64 491,7	86,50
Рапа оз. Правый близнец	1,2104	90,47 3935,6	2,51 206,3	0,06 3,0	104,43 2945,0	0,78 12,3	0,18 6,0	56,81 1181,6	255,24
Рапа оз. Малинового	1,2023	106,1 4614,3	5,2 427,4	0,4 20,0	152,8 4308,9	0,5 8,2	нет	35,8 744,6	300,8
Бассейн озер Танатар									
Рапа оз. Желтого	1,0145	6,67 290,1	0,023 1,9	0,013 0,6	1,57 44,3	3,71 60,8	4,48 149,2	1,84 38,3	18,31
Рапа оз. Содового	1,0117	5,62 244,6	0,011 0,9	0,010 0,9	2,43 68,5	2,23 36,6	3,52 117,2	1,14 23,7	14,96
Рапа оз. Танатар I	1,2474	124,9 5432,3	следы	следы	78,8 2222,2	23,9 391,6	66,9 2227,8	28,4 590,7	322,9
Пресные воды									
Среднеарифметич. из 120 анализов	—	0,101 4,41	0,021 1,73	0,044 2,20	0,070 1,97	0,291 4,77	0,007 0,23	0,066 1,37	0,600

Однако главным фактором появления содовых вод является минеральный состав горных пород и почв, с которыми эти воды находятся в соприкосновении. Нашими исследованиями установлен аркозовый характер песков, развитых в районе. Содержание полевых шпатов (ортоклаза и кислых плагиоклазов) в этих песках колеблется от 30 до 60%. Источником аркозовых песков явилась территория Рудного Алтая, откуда в ледниковое время происходил вынос продуктов разрушения кислых изверженных горных пород.

Аркозовому типу песков соответствует химический состав пресных вод, дренирующих их массы. Типовой состав пресных вод, который представлен в табл. I по данным 120 химических анализов, относится к гидро-карбонатно-натровому типу. В существующих климатических условиях от этих вод имеются все переходы к высококонцентрирован-

ным содовым водам. Они же приводят в соответствующих условиях рельефа к появлению содовых солончаков. Таким образом, содовые воды в исследуемом районе являются вполне естественными.

Как же в подобных условиях могли появиться воды сульфатно-натрового и даже хлор-магниевое типа, совершенно не соответствующие ни стадии выщелачивания окружающих их почв, ни минеральному составу горных пород (песков)? Ответ на этот вопрос мы находим в анализе геологической истории времени соленакопления, т. е. послеледникового периода, и в бессточности Кулундинской степи.

В геологической истории послеледникового периода выделяются два важнейших этапа: ксеротермическая фаза, наступившая вслед за плювиальной фазой ледниковой эпохи, с сухим и жарким климатом, и современный период с более прохладным и влажным климатом (1, 6, 8, 10).

Основываясь на выводах В. А. Ковды (5) по истории засоления аллювиальных равнин в различных климатических условиях, можно говорить о том, что ксеротермическая фаза в Кулундинской степи выразилась в интенсивном развитии процессов засоления. Этому способствовали благоприятные климатические условия и высокое положение уровня грунтовых вод в аллювиальных отложениях, оставшееся после аллювиальной деятельности. Исключительная сухость климата в ксеротермическую фазу (перевевание песков) обусловила крайние степени засоления почв (и грунтовых вод), которые в качественном отношении выразились в высокой хлоридности растворимых солей и в накоплении натрия и магния (5).

С наступлением современной, более прохладной и влажной эпохи процессы засоления почв сменились процессами их рассоления, вертикальное движение солей сменилось их горизонтальным перемещением.

Выщелачивание солей происходило в соответствии с их подвижностью (9), т. е. первыми шли хлориды магния, хлориды натрия, затем сульфаты магния и натрия и, наконец, сульфаты и карбонаты кальция. Крайним степеням рассоления отвечает появление солонцов и соды в растворе.

В соответствии с бессточностью Кулундинской степи все вымываемые из почв соли поступают в местные понижения, где они и скапливаются в многочисленных озерах. При этом хлориды, как наиболее подвижные компоненты, смещаются и скапливаются в конечных пунктах стока, за ними следуют сульфатные соли и, наконец, последними появляются карбонаты.

На некотором этапе развития данный процесс приводит к пространственной дифференциации солевого состава вод по цепи проточных озер, в которой некоторую роль приобретают и процессы зимней дифференциации (2), но с течением времени и в зависимости от скорости поверхностного стока, как это видно на приведенных нами примерах, химизм вод изменяется в сторону типового состава вод.

Таким образом, химический состав вод в соляных озерах Кулундинской степи отражает геологическую историю окружающей местности.

Всесоюзный научно-исследовательский институт галургии

Поступило
26 XII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. С. Берг, Почвоведение, № 4 (1913). ² И. П. Герасимов и Е. Н. Иванова, Сборн. памяти акад. К. К. Гедройца, изд. АН СССР, 1934. ³ И. П. Герасимов и К. К. Марков, Тр. Ин-та геогр. АН СССР, 33 (1939). ⁴ Н. Г. Кассин, Пробл. сов. геол., 5, № 2 (1936). ⁵ В. А. Ковда, Происхождение и режим засоленных почв, изд. АН СССР, 1, 1946; 2, 1947. ⁶ Б. Л. Личков, Тр. геогр. отд. КЭПС, АН СССР, 2 (1929). ⁷ Б. Л. Личков Зап. гидрол. ин-та, 4 (1931). ⁸ С. С. Неуструев, Геогр. вестн., 1, в. 2—3 (1922). ⁹ Б. Б. Полюнов, Кора выветривания, изд. АН СССР, 1934. ¹⁰ В. Н. Сукачев, Метерол. вест., № 1—4 (1922). ¹¹ В. А. Сулин, Условия образования, основы классификации и состав природных вод, ч. I, изд. АН СССР, 1948.