

Н.Д. ДАВЫДОВАИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, davydova@irigs.irk.ru**СОСТОЯНИЕ ОЗЕР ОНОН-АРГУНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

Показано, что в условиях глобального потепления озера степей Онон-Аргунского междуречья, являющихся продолжением степей Монголии и Китая, подвержены сильной деградации вплоть до образования на их месте солончаков высокой степени засоления (более 4 % с поверхности). Их количество убывает с глубиной аналогично распределению CaCO_3 . На начальной стадии образования солончаков в их составе, как и в воде, преобладают сода и сульфат натрия, количество хлорида и кальция снижено. В последующем сухое дно озера преобразуется в холмисто-эрозионную поверхность. Золотые холмики обеднены содой и хлоридами. В составе солей поверхности, осложненной эрозионными бороздами, преобладают сульфат и хлорид натрия. Со временем под действием ветра и ливневых осадков количество солей уменьшается и сухое дно заселяется солеросами. Сокращение водной поверхности усиливает сухость воздуха и влияет на локальное повышение температуры.

Ключевые слова: глобальное потепление, усыхание озер, отложения сухого озера, вода, минерализация, химический состав, солончаки.

N.D. DAVYDOVAV.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, davydova@irigs.irk.ru**PRESENT STATUS OF THE LAKES OF THE ONON-ARGUN INTERFLUVE
UNDER A CHANGING CLIMATE**

It is shown that in conditions of global warming the lakes of the steppes of the Onon-Argun interfluve, which are the extension of the steppes of Mongolia and China, are experiencing a severe degradation, even to the point of emerging solonchaks in their place with a high degree of salinization (more than 4 % from the surface). Their number decreases with depth, similar to the CaCO_3 distribution. In the early stage of formation of solonchaks, their composition, and also the water, is dominated by soda and sodium sulfate, and the amount of chloride and calcium is decreased. Subsequently, the dry bottom of the lake transforms to the hilly-erosion surface. Aeolian hillocks are depleted in soda and chlorides. The composition of the salts of the surface, complicated by erosion furrows, is dominated by sulfate and sodium chloride. With the passage of time, under the effect of wind and storm rainfall, the amount of salt decreases and saltwort encroaches onto the dry bottom. A reduction in the water surface enhances the dryness of the air and influences the local rise of temperature.

Keywords: global warming, drying of lakes, deposits of a dry lake, water, mineralization, chemical composition, solonchaks.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное потепление остается актуальной проблемой, обозначенной как климатический вызов, который несет угрозу существованию человека и всему живому [1]. Особенно это важно для аридных территорий, так как температура и количество атмосферных осадков являются для них критическими компонентами. Их совместное действие, направленное на уменьшение влаги, вызвало такие негативные явления, как засухи, иссушение водоемов и болот, гибель древостоев, снижение численности и обеднение видового разнообразия птиц, смещение пустынных степей к северу [2].

Цель исследования — в условиях регрессии озер, вызванной глобальным потеплением, изучить изменения химического состава растворимых солей в системе атмосферные осадки → поверхностные воды → вода озера → отложения сухого озера разного периода.

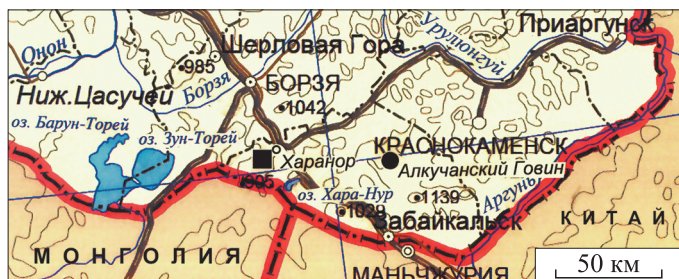


Рис. 1. Район исследований, в том числе ключевые участки степного физико-географического стационара Института географии СО РАН — Харанор (черный квадрат) и Алкучанский Говин (черный кружок).

Железные дороги показаны коричневой линией, государственные границы — красной.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Онон-Аргунское междуречье Юго-Восточного Забайкалья относится к аридным регионам, где степи, являясь естественным продолжением степей Монголии и Китая, простираются до 51° с. ш. Они очень чувствительны к изменению климата и используются как информативный объект для изучения ответных реакций геосистем на глобальное потепление [3].

Мониторинг состояния криоксерофитных степей Юго-Восточного Забайкалья (рис. 1) проводился в 2001–2017 гг. в связи с изменением климата на базе режимных наблюдений Харанорского ключевого участка [4] и экспедиционных исследований Онон-Аргунского междуречья.

С целью получения представления о формировании химического состава воды бессточных озер атмосферного питания в экстремальных условиях анализировались снеговая и дождевая вода, вода ливневого стока, ручьев и реки Шарасун местного формирования, а также вода озер Хара-Нур (Хара-Нор), Зун-Торей и Барун-Торей. Отбор проб воды указанных объектов проводился в соответствии с [5]. Смешанные пробы озерной воды отбирались в начале и конце последней декады августа в период низкого стояния зеркала вод (в 1974 г.) и в сухой период (2010, 2012, 2013, 2016 гг.). Для сбора дождевой воды использовали полиэтиленовую пленку. Воду поверхностного стока отбирали на стоковых площадках. Все пробы помещались в пластиковую посуду под пробку, охлаждались и в сумках-холодильниках доставлялись в лабораторию. Отбор проб отложений сухого озера проводился из разрезов, одновременно с пробами грунтовой воды.

Количественный химический анализ (КХА) проб 1974 г. выполнялся в лаборатории Харанорского физико-географического стационара. В 2000-е гг. пробы воды доставлялись в Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и анализировались в сертифицированном химико-аналитическом центре [6]. Для определения рН применялись иономер «Эксперт-001», калия и натрия — спектрометр атомно-эмиссионный с индуктивно связанной плазмой Optima 2000 DV. Статистическая обработка результатов (КХА) проведена по [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климат исследуемой территории в XXI в. существенно изменился. По данным инструментальных измерений метеостанции Борзья, в период с 1955 по 2017 г. установлен хорошо выраженный положительный температурный тренд (рис. 2). Важным является распределение температуры и осадков в годовых и многолетних циклах, которые были нарушены. Негативные признаки объектов природной среды стали проявляться, когда годовое количество осадков уменьшилось (с 1999 г.). Для Юго-Восточного Забайкалья характерна цикличность гидротермических условий, влияющих на состояние водных систем. С 1955 г. наблюдались два влажных периода (1955–1964, 1982–1998 гг.) и два сухих (1965–1981 гг. и с 1999 г. по настоящее время) (см. рис. 2).

Данные метеостанции Борзья показывают, что в последние 19 лет (1999–2017 гг.) климат степей Юго-Восточного Забайкалья стал теплее на $1,13^{\circ}\text{C}$ и суше на 41 мм/год по сравнению с влажным и холодным периодом 1955–1964 гг. Величина отклонения осадков занижена за счет влажного 2013 г.

Наиболее существенные изменения степного ландшафта произошли в первое десятилетие сухого периода. Засуха катастрофически сказалась прежде всего на древесных насаждениях и водности озер. Запас влаги в зоне корневого питания растений стал дефицитным, уменьшившись на 50 мм, что ниже влажности завядания. При этом положительная связь влажности почвы с осадками невысокая ($r = 0,3-0,5$) вследствие многофакторности влияния на их взаимоотношения. При смещении показателей запаса влаги на один год по отношению к количеству осадков теснота связи увеличивается.

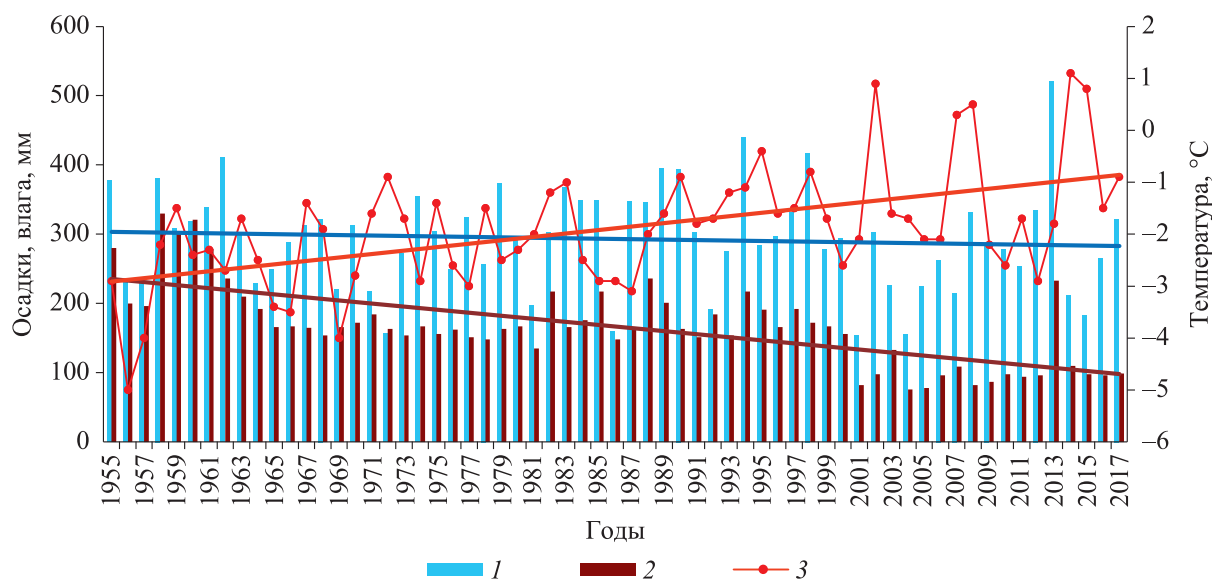


Рис. 2. Динамика показателей гидротермических условий степей Онон-Аргунского междуречья и их тренды (цветные линии).

1 — атмосферные осадки; 2 — запасы влаги в слое почвы 0–100 см; 3 — температура воздуха.

Что касается озер, то в первую очередь начали исчезать мелководные акватории с водным слоем 1–4 м. В 2010 г. исчезло оз. Барун-Торей площадью 580 км². По сообщению гидрологов метеостанции Борзя, к 2018 г. произошло практически полное усыхание более глубокого оз. Зун-Торей. В первое десятилетие сухого периода в междуречье Онона и Аргуни в солончаки превратилось более половины озерных акваторий. На территории Монголии полностью высохло 780 малых рек, 590 озер, 1600 минеральных источников [2].

В наполнении озер участвуют преимущественно воды поверхностного стока, поступающие во время ливневых дождей, дождевая вода, выпадающая на акваторию, с грунтовым стоком и в меньшей степени с разгрузкой подземных глубинных вод. Атмосферные осадки маломинерализованные хлоридно-гидрокарбонатные магниевое-натриево-кальциевые (табл. 1), что характерно для данного региона [8]. При контакте с почвой они превращаются в воды поверхностного стока, становясь более минерализованными и меняясь качественно за счет увеличения содержания сульфата кальция и натрия. Вода р. Шарасун обогатилась практически всеми ингредиентами, особенно гидрокарбонатными солями, вследствие более глубокого проникновения вод в черноземы и каштановые почвы, имеющие

Таблица 1

Средний химический состав (мг/дм³) вод, участвующих в формировании солевого состава озер бессточных котловин

n	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ ионов	Химический состав воды, ммоль/%*
Снеговая вода										
7	5,79	17,70	2,84	1,68	4,13	1,04	0,89	1,86	30,14	M ₃₀ HCO ₃ 72Cl20/Ca52Mg22Na20
Дождевая вода										
9	6,81	16,28	2,96	1,91	3,64	1,15	0,18	1,78	27,90	M ₂₈ HCO ₃ 69Cl21/Ca45Na30Mg23
Вода ливневого стока										
5	7,12	48,02	11,12	134,10	30,16	3,24	1,93	48,30	276,87	M ₂₇₇ SO ₄ 72HCO ₃ 20/Na54Ca39
Вода временных водотоков										
8	7,49	155,85	7,30	60,91	37,25	1,37	6,28	21,73	302,68	M ₃₀₃ HCO ₃ 63SO ₄ 32/Ca45Mg27Na23
р. Шарасун										
6	8,12	595,36	10,30	81,60	102,21	47,09	2,13	62,45	901,13	M ₉₀₁ HCO ₃ 83SO ₄ 15/Ca43Mg33Na23

Примечание. Здесь и в табл. 2: n — количество проб.

* Здесь и в табл. 2, 3 использована формула Курлова.

карбонатный горизонт. В целом вода, поступающая в озерные депрессии, пресная гидрокарбонатно-сульфатная и сульфатно-гидрокарбонатная магниевое-натриево-кальциевая (см. табл. 1).

В результате процессов испарения вода, наполняющая депрессии, превращается в солоноватую озерную воду иного химического состава (табл. 2). Соли в озерах находятся как в воде, так и в твердых донных отложениях (в растворимой и малорастворимой формах). Их накопление — долговременный процесс, имеющий циклическую направленность для данной территории, обусловленный чередованием периодов увлажнения и аридизации. Следует отметить, что в последние 100 лет современный период иссушения (1999–2017 гг.) выделяется наибольшей длительностью и силой воздействия на водные объекты, что рассматривается на примере оз. Хара-Нур.

В геоморфологическом отношении озерная депрессия представляет собой одну из небольших сохранившихся частей обширной нижнеплейстоценовой озерной равнины Онон-Аргунского междуречья с минимальной высотой 665 м над ур. моря и площадью водосбора 473 км². В последний влажный период (1982–1998 гг.) водная поверхность озера превышала 6 км² [9]. Как и Торейские озера, оно имеет содовое засоление (см. табл. 2).

Содовые озера мало распространены в природе и считаются редкими [10]. Формирование их химического состава в аридных условиях зависит от массы воды, интенсивности испарения с водной поверхности, процесса садки солей, обусловленного их растворимостью в конкретных условиях, а также от повторяемости периодов иссушения и наполнения водоема. Согласно закону растворимости, в первую очередь в осадок выпадают соли щелочноземельных элементов в последовательности CaCO₃ → MgCO₃ → CaSO₄ → SrSO₄. Соли натрия хорошо растворимы в воде. Причем при повышении температуры растворимость карбонатных солей еще больше уменьшается. Особенно низкой растворимостью отличается CaCO₃ (0,0066 г/дм³) [11], поэтому при испарении воды и уменьшении содержания CO₂ с повышением температуры карбонат кальция первым оседает на дно вместе с илистыми частицами и при увеличении водности озера остается в осадке (до 15 %). На это указывают низкие содержания Ca²⁺ в воде озера и, напротив, несравнимо большее количество солей натрия (карбонатов, гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов) (см. табл. 2). При росте минерализации от 5 до 10 г/дм³ (1974, 2010, 2012 гг.) наблюдается параллельное увеличение в растворе содержания всех ингредиентов с преобладанием соды и примерно равным количеством хлоридов и сульфатов. В результате выпадения обильных дождей в 2013 г. (см. рис. 2), пополнивших озеро водой, минерализация уменьшилась (до 1,87 г/дм³), а соотношение ионов изменилось в сторону увеличения сульфат-иона, вероятно, за счет растворения гипса.

В годы пониженного увлажнения, сочетающегося с увеличением испарения с водной поверхности, на фоне существенного увеличения минерализации химический состав солей озерной воды мало меняется. В растворе среди катионов преобладает натрий, а среди анионов — суммарное количество карбонатов и гидрокарбонатов с участием примерно одинакового количества сульфатов и хлоридов даже на стадии экстремального испарения воды, что диагностируется по их содержанию в солевой корке, которая по сравнению с озерной водой в 5–10 раз более минерализована (см. табл. 2, 3).

Таблица 2

Средний химический состав воды озер, мг/дм³

Год	n	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ ионов	Химический состав воды, ммоль/%
Оз. Хара-Нур												
1974	6	8,6	198,04	1426,8	838,0	1132,8	8,2	95,0	3,9	1583,8	5287	M _{5,3} HCO ₃ 30CO ₃ 9Cl13SO ₄ 30/Na89
2010	8	9,9	430,5	3431,3	1527,9	1722,2	9,6	103,03	36,4	3212,0	10473	M _{10,5} HCO ₃ 38CO ₃ 10Cl29SO ₄ 24/Na93
2012	5	9,8	419,7	3403,8	1355,3	1929,1	42,4	21,7	19,2	3318,3	10509	M _{10,5} HCO ₃ 38CO ₃ 9SO ₄ 27Cl26/Na97
2013	6	8,2	22,8	587,4	170,2	505,9	4,7	12,9	3,1	559,1	1866	M _{1,9} SO ₄ 41HCO ₃ 37CO ₃ 3Cl19/Na95
2016	9	8,7	365,1	1019,9	433,9	2669,3	23,6	59,4	32,1	2066,1	6669	M _{6,7} SO ₄ 57HCO ₃ 17CO ₃ 13/Na93
Оз. Зун-Торей, 10 м от берега												
2012	6	9,6	544,5	3359,3	1449,9	1656	25,8	103,0	30,1	3182,3	10349	M _{10,3} HCO ₃ 30CO ₃ 22Cl36SO ₄ 12/Na87
Озеро Зун-Торей, 100 м от берега												
2012	6	9,8	560,1	3057,9	1527,9	1722,2	5,3	10,8	35,3	3174,7	10185	M _{10,2} HCO ₃ 34CO ₃ 13Cl29SO ₄ 24/Na97
Оз. Барун-Торей												
2012	5	9,7	637,8	2600,1	2020,5	1425,2	6,2	91,4	38,48	3266,0	10086	M _{10,1} HCO ₃ 28CO ₃ 14Cl38SO ₄ 20/Na94

Химический состав водной вытяжки донных отложений оз. Хара-Нур, мг/кг сухой массы

CaCO ₃ , %	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S ионов	Химический состав воды, ммоль/%
Подводные отложения сохранившейся части озера											
15,35	9,74	171,2	1122,4	453,8	3225,6	186,1	164,3	156,4	1794,1	7274	M _{7,3} SO ₄ 65HCO ₃ 18CO ₃ 5Cl12/Na74
Отложения сухого озера позднего периода, 0–3 см (солевая корка)											
8,26	10,22	3390,0	11376,5	556,6	1628,2	40,1	37,7	242,42	14775,2	46666	M _{46,7} SO ₄ 52HCO ₃ 29CO ₃ 17/Na98
3–10 см											
5,22	9,69	192,0	3489,2	191,4	2664,4	30,2	31,6	54,7	2737,0	9390	M _{9,4} HCO ₃ 46CO ₃ 5SO ₄ 45/Na96
10–40 см											
4,12	9,34	72,11	2257,0	53,2	1526,4	46,0	277,0	156,4	1005,1	5393	M _{5,4} HCO ₃ 51CO ₃ 3SO ₄ 44/Na60Mg31
40–90 см											
1,32	9,18	...	1143,8	24,8	1113,6	2,0	7,9	154,5	872,9	3448	M _{3,5} SO ₄ 54HCO ₃ 44/Na89
Преобразованная поверхность сухого озера раннего периода											
Надув, 0–1 см (солевая корка)											
12,14	8,37	246,3	311,1	4374,5	3489,6	70,1	35,3	46,9	4724,2	13296	M _{13,3} Cl58SO ₄ 34/Na96
1–22 см											
11,98	9,71	1338,4	1494,5	3910,1	22689,6	30,1	238,3	101,7	14483,1	44285	M _{44,3} SO ₄ 72/Na96
22–40 см											
13,43	8,63	417,1	500,2	230,4	7329,6	66,1	69,3	43,4	3988,2	12644	M _{12,6} SO ₄ 84/Na95
Эрозионные борозды, 0–2 см (солевая корка)											
10,06	8,64	414,6	469,7	3172,8	13089,6	34,4	2,5	58,7	8694,1	25958	M _{25,9} SO ₄ 71Cl23/Na99
2–10 см											
7,17	8,96	462,3	1140,7	381,9	6283,2	62,3	53,5	43,1	601,1	17874	M _{17,9} SO ₄ 48Cl39/Na96
10–20 см											
11,06	8,51	720,1	378,2	999,7	2616,3	82,2	64,4	5,8	1849,2	6112	M _{6,1} SO ₄ 60Cl31/Na88
20–55 см											
11,04	8,56	960,2	323,3	553,2	1406,4	92,6	60,8	15,6	1009,7	3557	M _{3,6} SO ₄ 55Cl29/Na81

Примечание. ... – нет данных.

С течением времени днища полностью или частично высохших озер превращаются в обширные пространства солончаков, поверхность которых под действием температуры, ливневых осадков и сильных ветров преобразуется (рис. 3), трансформируется также и химический состав осадочной толщи.

Подводные отложения оставшейся части оз. Хара-Нур. Содержание растворимых солей в иловатых тяжелосуглинистых отложениях дна озера близко к их количеству в остатке водной массы, но по химическому составу они отличаются преобладанием сульфатов над суммой гидрокарбонатов и карбонатов. Твердая фаза обогащена CaCO₃ (см. табл. 2, 3).

Донные отложения сухого оз. Хара-Нур раннего периода. В верхнем белесоватом горизонте сухого дна, представленного цементированной мелкоземистой содово-сульфатной коркой, солей значительно больше (46,67 г/кг), нежели в подводных отложениях оставшейся части озера, что связано с испарением массы воды. С глубиной минерализация солей в донных отложениях уменьшается до 3–4 г/дм³ (см. табл. 3). В верхнем слое (1–10 см) их количество примерно соответствует минерализации воды озера в сухой период 2010–2012 гг.; в слое 10–40 см — 1974 г. От сульфатно-хлоридно-содовой воды озера верхний слой сухого дна отличается меньшим содержанием хлорид-иона, доля участия которого составляет 12 (см. табл. 2) и 2 % (см. табл. 3). Под коркой солевой состав донных отложений сульфатно-содовый. Из сказанного следует, что хлорид натрия, растворимость которого составляет 359 г/дм³, мало осаждается в условиях функционирующего водоема при минерализации воды в пределах 10 г/дм³ и при иссушении вместе с водой опускается вниз на глубину стояния грунтовых вод. Содержание CaCO₃, как и количество растворимых солей, уменьшается вниз по профилю (см. табл. 2).



Рис. 3. Донная поверхность оз. Хара-Нур
(фото Н.Д. Давыдовой).

а — двухслойный надув мелкозема; *б* — эрозионные борозды; *в* — термокарстовая воронка оз. Малый Хара-Нор.

Донные отложения сухого оз. Хара-Нур позднего периода. Солончаковая поверхность старшего возраста под действием ветра и ливневых дождей существенно преобразована и вследствие этого осложнена эоловыми холмиками мелкозема (надувами) и эрозионными бороздами, которые отличаются как по природе образования, так и по составу.

Надув. Эоловые холмики высотой 60–70 см и длиной до 7 м, вытянутые в северо-восточном направлении, содержат слои мелкозема, отражающие прерывистость процесса их образования и приуроченность к ураганному ветру и «черной» буре. Об этом свидетельствуют их физико-химические свойства. Под цементированной коркой (1–2 см) находятся два слоя. Верхний белесовато-серый, слабо уплотненный, мощностью 22 см, имеет глинистый иловатый (73 % ила) гранулометрический состав, в котором содержится 2,17 % гумуса, азота — 0,35, CaCO_3 — 11,98 %. Второй слой более светлый, состоящий из сухого песка, представленного цементированными иловатыми (71 %) частицами солевой корки. Он меньше обогащен гумусом (1,55 %), но больше CaCO_3 (13,43 %).

Общее количество растворимых солей в надуве, кроме сульфатно-хлоридной корки, близко к таковому в верхних горизонтах дна позднего периода, которые в отсутствие растительности легко поддаются разрушению и рассеиванию. Причем темный слой (1–22 см) по минерализации имеет сходство с верхним тонким слоем (0–3 см), а светлый (22–40 см) — с более глубоким (3–10 см) (см. табл. 3). Оба слоя имеют близкий химический состав (сульфатно-натриевый) и отличаются от исходных горизонтов потерей соды.

Эрозионные борозды. Ливневые дожди не только смывают соли с поверхности сухого дна озера, но и образуют борозды глубиной до 30–40 см, которые достаточно быстро зарастают солеросами, как и остальная поверхность. В солевом составе растворов эродированных донных отложений присутствуют все основные компоненты с преобладанием анионов сульфата и хлорида, а среди катионов — натрия. Увеличение доли хлоридов (до 23–39 %) связано с их возвращением из грунтовой толщи к поверхности в процессе испарения. В отличие от сульфатно-хлоридно-содовой воды, где сода занимала 50 %, в донных осадках ее доля составляет 12–16 % (см. табл. 2, 3). Содержание CaCO_3 также снижено, вероятно, вследствие его вымывания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение температуры и снижение количества влаги в степях сопровождается увеличением минерализации водных растворов в порядке: атмосферные осадки → поверхностные воды → вода озера → солончак сухого дна позднего периода → солончак поверхности, преобразованной деятельностью ветра и ливневыми осадками, а также трансформацией солевого состава водных растворов. Хлоридно-гидрокарбонатный магниевый-натриево-кальциевый состав атмосферных осадков при контакте с почвами заменяется гидрокарбонатно-сульфатным или сульфатно-гидрокарбонатным. Наряду с ионом сульфата увеличивается содержание ионов кальция, магния и натрия. При испарении вода в озерах минерализуется, превращаясь в солоноватый содовый с участием хлоридов и сульфатов раствор. На начальной стадии образования солончаков в их составе преобладают сода и сульфат натрия, количество хлорид-иона, как и кальция, снижено. Хлориды вместе с водой опускаются вниз на глубину стояния грунтовых вод (80–90 см), а кальций расходуется на образование малорастворимой соли CaCO_3 , выпадающей в осадок. С возрастом поверхность солончаков преобразуется в холмисто-эрозионную поверхность, где холмики обеднены содой и хлоридами, а в составе солей преобладает сульфат натрия, кроме солевой корки. Содержание растворимых солей уменьшается с глубиной аналогично распределению CaCO_3 . Под действием ветра и ливневых осадков количество солей со временем уменьшается и дно заселяется солеросами. Сокращение водной поверхности усиливает сухость воздуха и влияет на локальное повышение температуры.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910169-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Изменение климата** [Электронный ресурс]. — <https://www.un.org//ru/sections/issues-depth/climate-change.html> (дата обращения 17.06.2019).
2. **Ecological consequences** of biosphere processes in the ecotone zone of Southern Siberia and Central Asia: Proceedings of the International Conference. Oral reports. — Ulaanbaatar: Bembis Publishing House, 2010. — Vol. 1. — 274 p.
3. **Давыдова Н.Д.** Динамика показателей степных геосистем Юго-Восточного Забайкалья в условиях глобальных изменений климата // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2014. — № 4. — С. 120–125.
4. **Вещество** в степных геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1984. — 158 с.
5. **РД 52.24.353-2012.** Отбор проб вод суши и очищенных сточных вод. — Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2012 [Электронный ресурс]. — http://snipov.net/database/c_4294944184_doc_4293792809.html (дата обращения 07.12.2018).
6. **Руководство** по химическому анализу поверхностных вод суши. — Ростов-на-Дону; Новочеркасск: НОК, 2009. — Ч. 1. — 1032 с.
7. **Губин В.И., Осташков В.Н.** Статистические методы обработки экспериментальных данных: Учебное пособие. — Тюмень: Изд-во Тюмен. нефтегаз. ун-та, 2007. — 202 с.
8. **Иванов А.В.** Закономерности распространения гидрохимических типов атмосферных осадков Забайкалья // Формирование химического состава природных вод Приамурья и Забайкалья. — Хабаровск: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1978. — С. 14–27.
9. **Баженова О.И., Кобылкин Д.В.** Динамические фазы внутривековых циклов рельефообразования бессточных озерных бассейнов Даурии // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 113–123.
10. **Никаноров А.М., Посохов Е.В.** Гидрохимия. — Л.: Гидрометеоздат, 1985. — 232 с.
11. **Большая таблица** растворимости [Электронный ресурс]. — <https://www.un.org//ru/sections/issues-depth/olimate-change.html> (дата обращения 29.06.2019).

Поступила в редакцию 27.09.2020

После доработки 20.10.2020

Принята к публикации 20.10.2020