

УДК 546.06

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2024.2.8

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СОЛОНЧАКОВОЙ СОЛИ СОДОВОГО ОЗЕРА ДОРОНИНСКОЕ УЛЕТОВСКОГО РАЙОНА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

© Ц.-Д. Д. Батомункуева*, С. Р. Самбуева

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова
Россия, Республика Бурятия, 670010 г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8.

*Email: bcyrendulma@mail.ru

В практике тибетской традиции врачевания бурятских эмчи-лам наибольший интерес вызывает проблема поиска заменителей тибетского сырья сырьем местного происхождения. Основными характеристиками заменителей должны быть идентичность химического состава и/или фармакотерапевтическая активность. В статье изложены результаты изучения химического состава солевых отложений (хужир) содового озера Доронинское Забайкальского края и предлагается использование хужира в качестве заменителя тибетского сырья при изготовлении лекарственных средств.

Ключевые слова: химический состав; хужир; заменитель; содовое озеро.

Введение

На территории Восточного Забайкалья расположены многочисленные соленые озера континентального типа. Соленость этих озер обусловлена испарительным концентрированием озерной воды в условиях аридного климата. В ходе этого процесса должна происходить направленная трансформация химического состава с изменением химического типа от карбонатного к сульфатному и затем к хлоридному. [1–3].

Содовые озера также представляют интерес как санаторно-курортные объекты, поскольку издавна используются местным населением для лечения и отдыха. Лечебный эффект содовых озер обусловлен физиологическим действием щелочной воды, концентрированным раствором солей рапы и комплексным воздействием иловых отложений. Лечение на этих озерах показано при заболеваниях органов опорно-двигательного аппарата, при нарушении обмена веществ, нервных, гинекологических и кожных заболеваниях [4].

Наиболее древнее использование солевых отложений содовых озер Забайкалья следует отнести ко времени распространения тибетской медицины, когда эмчи-ламы использовали хужир, под тибетским названием *bul tog*, для приготовления лекарств. Из многочисленных видов неорганического сырья *bul tog* в составе лекарств используется достаточно активно. В тибетских медицинских сочинениях *bul tog* причислен к группе лекарств с соленым вкусом [5]. Согласно источникам, лучшим сырьем считался *bul tog* из Чжана. Сырье с солено-кисло-жгучим вкусом относилось к сырью плохого качества [6]. Характерными свойствами *bul tog* являются «отторгает омертвевшее, способствует перевариванию *цзамбы*, способствует измельчению пищи в желудке, помогает при отравлениях ядами» [5; 7].

В практике бурятских эмчи-лам иногда в качестве заменителя хужира применяется обычная пищевая сода, что обуславливает наш интерес к изучению химического состава солевых отложений содовых озер Бурятии и Забайкалья.

Традиционными местами заготовки хужира у эмчи-лам в Республике Бурятия издавна служили оз. Торма (п. Оронгой), оз. Гуджирное (п. Курба), озера в местности Боргой и оз. Доронинское (Забайкальский край). В изученной нами литературе данные о химическом составе хужира озер Торма и Гуджирное отсутствуют. По Боргойским озерам опубликована статья В. Р. Филиппова [8], в которой приведены данные о содержании макро- и микроэлементов в хужире: кальций (0.028%), натрий (0.050%), магний (0.016%), фосфор (16.60 мг%), калий (18.50 мг%), марганец (8.00 мг%), молибден (2.40 мг%), цинк (1.60 мг%), медь (0.36 мг%), фтор (30.0 мг%) и стронций (20.0 мг%). Сведения о химическом составе воды содовых озер Южного Забайкалья опубликованы А. В. Кулыровой [9]. Больше внимание привлекает озеро Доронинское, расположенное в 150 км. К юго-западу от г. Читы, в днище Читино-Ингодинской межгорной впадины. Отличается от обычных голомиктических (однослойных) степных озер выраженной меромиксией (стратификацией) и относится к редкому типу соленых содовых озер [10–13].

Основными показателями принадлежности озер к определенному типу являются рН и преобладающее содержание анионов. К содовому типу относится водоемы с показателем рН > 9, водоемы с рН < 9 – к хлоридному и сульфатному. Динамика этих параметров зависит от деятельности фототрофных и гетеротрофных бактерий, температуры и минерализации воды содовых озер. В летний период в воде озер наблюдается дефицит кислорода, обусловленный деятельностью бактерий-деструкторов. Общая щелочность и минерализация в содовых озерах увеличивается к осени, а рН, наоборот, уменьшается [14].

Семь месяцев в году, с конца октября до конца мая, оз. Доронинское покрыто льдом толщиной до 1.5 м. С поверхности почвы в окрестностях озер на так называемых выпотах собирать хужир нецелесообразно из-за неустойчивости химического состава солевых отложений. Миграция раствора через толщу льда приводит к отложению солей, к появлению так называемой троны на поверхности льда [10]. Эти троны и служат в качестве сырья для лекарств бурятских эмчи-лам, поэтому *bul tog* (хужир) для лекарств собирали в зимнее время, когда происходит вымораживание вод.

Экспериментальная часть

Содержание химических элементов образцов хужиры определяли в ЦКП «Геоспектр» Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ) рентгенофлуоресцентным методом на кристалл-дифракционном спектрометре ARL Perform'X 4200 (Швейцария).

Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РФА) основан на определении элементного состава веществ по характеристическому рентгеновскому излучению атомов, испускаемому при облучении рентгеновским излучением. Спектрометр оснащен рентгеновской трубкой с родиевым анодом, 9 кристаллами-анализаторами, 4 коллиматорами и 7 фильтрами первичного излучения. Максимальное напряжение в приборе достигает 70 кВ, максимальная мощность родиевой трубки 4.2 кВт. В приборе используется два детектора: FPS – проточно-пропорциональный и SC – сцинтилляционный.

Для определения порообразующих и примесных элементов (около 50 элементов) в ГИН СО РАН разработаны методики, основанные на способе стандарта-фона. Гомогенный анализируемый материал (диаметр частиц около 0.074 мм) предварительно высушивается при 105 °С в течение 2 ч. Затем проба массой 2.5 г утрамбовывается в кювету с дном из майларовой пленки. Облучение проводится в среде гелия. Время, затрачиваемое на анализ 50 элементов, составляет 60 мин. Полученные спектры обрабатываются в программе OXSAS.

Точный анализ содержания анионов проводился в атомно-эмиссионном спектрометре. В плазме атомы ионизируются и излучают свет на определенных длинах волн, которые соответствуют определенным элементам. Метод базируется на распылении образца и транспортировке аэрозоля в плазменную горелку, где происходит возбуждение атомов элементов в аргоновой плазме, индуктивно возбуждаемой радиочастотным полем, что приводит к появлению характеристического эмиссионного спектра. Интенсивность спектральных линий в полученном эмиссионном спектре фиксируется детектором, сигналы которого обрабатываются с помощью компьютерной программы. Влияние фона компенсируется путем его коррекции.

Для определения массовой концентрации катионов использовался капиллярный электрофорезный анализатор. Метод основан на разделении катионов вследствие различий их электрофоретической подвижности в процессе миграции по кварцевому капилляру в электролите под действием электрического поля с последующей регистрацией разницы оптического поглощения электролитом и катионами в ультрафиолетовой области спектра.

Источником высокого напряжения создается электрическое поле, необходимое для движения заряженных молекул. Через тонкую стеклянную трубку (капилляр) проходит образец, регистрируется количество и скорость движения молекул при помощи детектора. Определяется массовая концентрация каждого иона в образце. Полученные данные обрабатываются программным обеспечением.

По методикам РФА насыпных проб без плавки с флюсом легкие компоненты (Na, Mg, Al, S, Cl < 1–2%) определены ориентировочно. Содержания натрия ориентировочные, т.к. вышли за пределы базовой кривой. Для контроля загрязнений обычно более важна возможность метода выявить повышенные содержания вредных веществ. FeO, CO₂, F не измерены. Железо общее дано в пересчете на Fe₂O₃, и при большой доле FeO результат завышается. Измерялись также Ge, Ag, Sb, Te, Cs, Se, In, Bi, Hg, Ta, Cd – не обнаружены.

В табл. 1 и 2 приведены данные рентгеноспектрального флуоресцентного анализа.

Таблица 1

Химический состав солончаковых отложений (хужиры) оз. Доронинское, содержание в %

Образец	Химические соединения									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
Содержание, %	0.378	0.086	0.035	0.16	0.17	0.22	60.15	0.006	0.0	0.34

Таблица 2

Химический состав солончаковых отложений (хужиры), содержание в ppm

Образец	Химический элемент										
	S	Cl	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr	Zr
Содержание, ppm	837	20005	0.0	3.1	0.0	4.7	12	412	5.7	26	4.9

В табл. 3 приведены результаты анализа концентрации анионов и катионов.

Содержание анионов и катионов в водном растворе отложений содового оз. Доронинское

Раствор	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Содержание, мг/л	18117	393	112	4.2	10	5343	39.6	4.9	13.7

Обсуждение результатов

Анализ показал наличие 21 микро- и макроэлемента. Содержание элементов изменяется в следующей последовательности: Na₂O > SiO₂ > P₂O₅ > K₂O > MgO > CaO > Al₂O₃ > Fe₂O₃ > TiO₂ > MnO (табл. 2).

Как показывают данные рентгенофлуоресцентного анализа, отобранный образец хужиры имел высокие показатели содержания оксида натрия с незначительными примесями SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃.

Результат содержания ионов в растворе отложений выявил доминанцию натрия среди катионов (5 343 мг/л). Концентрация гидрокарбонатов (18 117 мг/л) существенно опережает содержание хлорид- (393 мг/л) и сульфат-анионов (112 мг/л). Прослеживание динамики изменения минерализации и концентрации основных ионов в исследовании С. В. Борзенко и др. совпадают с проведенными анализами хужиры [15]. Содовые озера содержат меньшее количество NaCl, так как Cl является консервативным компонентом, который показывает степень испарения для разных типов озер. В ходе этого процесса должна происходить направленная трансформация химического состава с изменением химического типа от карбонатного к сульфатному и затем к хлоридному. [1–3]. Cl не вступает в реакции взаимодействия с образованием второстепенных веществ и не принимает участие в биохимических процессах. При продолжительном испарении и замедленном росте количества карбонатных ионов содержание хлора становится высоким, pH уменьшается, озеро переходит в хлоридный тип [16]

Однако фактическое распределение химических компонентов в водах этих озер по мере роста их солёности отличается от указанной последовательности. В химическом составе преобладают хлоридные и карбонатные соли натрия, а сульфаты содержатся в незначительных количествах. При этом, сульфаты редко входят в название химического типа воды, являясь лишь вторым по значимости анионом [17]

Из анализа опубликованных данных можно сделать вывод, что большая часть химических элементов, которые попадают в озеро, приносятся подземными водами. Исключением является хлор, основная масса которого поступает в озеро из атмосферных осадков. Влияние поверхностного стока на этот процесс второстепенно.

Подземные воды формируются за счет растворения минералов водовмещающих горных пород. Среди них встречаются воды с повышенной минерализацией, относящиеся к гидрокарбонатным кальциево-натриевым. Взаимодействие воды с горными породами происходит с разной интенсивностью, поскольку геохимическая среда в каждом озере уникальна. Сформированная геохимическая среда способствует значительному накоплению элементов. Так в содовых озерах концентрируются в больших количествах F, U, As, Th, Zr, редкоземельные элементы, реже Mn, Zn, Mo, Ni, Cu, в хлоридных – Br, Sr, Li, Ba, Rb, в сульфатных явно накапливающимися элементов не выявлено [16].

В озёрной воде из микроэлементов содержится F (10 мг/л) (табл. 3). Микроэлементный состав хужиры отличается концентрацией Br (412 мг/л), Sr (26 мг/л) и меньшее количество – Zn (12 мг/л), Rb (5,7 мг/л), Cr (3.1 мг/л). С увеличением числа основных анионов, вышеперечисленные элементы проявляют накапливающее свойство. Полученные результаты подтверждаются в работе С. В. Борзенко [16]. Содержание макро- и микроэлементов солончаковых отложений восполняет их дефицит в организме.

Озеро Доронинское, являясь гидрокарбонатным натриевым водоемом, показывает целесообразным использование хужиры как средство тибетской медицины взамен *bul tog* из Чжана.

Заключение

На протяжении трехсот столетий практики лечения бурятские эмчи-ламы заменяли многие виды импортного сырья местными аналогами. Полученные результаты исследования химического состава хужиры доказывают его применение в качестве заменителя *bul tog* и указывают на целесообразность дальнейших исследований солей из содово-соляных озер Бурятии и Забайкальского края. Как показывают экспериментальные исследования, при замене в составе сложных тибетских лекарств отдельных компонентов сохраняется стабильный физиологический профиль действия этих лекарств [18].

Применение хужиры как заменителя *bul tog* в тибетских лекарствах повышает фармакотерапевтическую активность тибетских лекарств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валяшко М. Г., Соловьева Е. Ф., Спири Н. С. Соляные озера. Методы их изучения и пути использования. М.-Л.: Гос. научно-техническое изд-во химической литературы, 1952. 200 с.
2. Посохов Е. В. Химическая эволюция гидросферы. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 285 с.
3. Шварцев С. Л., Кононов В. И., Назаров и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия, Н.: Наука. 1982. 289 с.
4. Намсараев Б. Б., Бархутова Д. Д. // Вестник БГУ. 2018. №1. С. 82–86. DOI: 10.18101/2587-7143-2018-1-82-86.
5. Николаев С. М., Базаров Б. В., Лашиев Л. Б. и др. «Чжуд-ши»: Канон тибетской медицины. М.: Восточная литература РАН, 2001. 766 с.
6. Данзин Пунцог. Шел пхренг (Ожерелье чистого хрусталя). Фармакогнозия тибетской медицины. М.: Восточная литература РАН, 2017. 494 с.

7. Дэсрид Санчжай-чжамцо. Вайдурья-онбо (Гирлянда голубого берилла). Наука – Восточная литература РАН, 2014. 1286 с.
8. Филиппов В. Р. Содержание микро и макроэлементов в Боргойском хужире // Сб. «Микроэлементы в Сибири». 1970. С. 6–8.
9. Кульyroва А. В. Влияние условий среды обитания на распространение и активность микроорганизмов содовых озер Южного Забайкалья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ: изд-во: ИОЭБ СО РАН, 1999. 181 с.
10. Намсараев Б. Б. Соленоватые и соленые озера Забайкалья. Улан-Удэ: БГУ, 2009. 340 с.
11. Франк-Каменецкий А. Г. Доронинское Содовое озеро в Забайкалье. Иркутск, 1924. 36 с.
12. Гладцин И. Н. Соляные озера БМ АССР и перспективы их использования. 1935. С. 10–20.
13. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. М.-Л.: АН СССР, 1961. 338 с.
14. Намсараев Б. Б., Намсараев З. Б. // Труды Института микробиологии им. С. Н. Виноградского. Вып. XIV. Алкалофильные микробные сообщества. 2007. С. 299–322.
15. Борзенко С. В. Геохимия и формирование содовых вод озера Доронинское (Восточное Забайкалье): автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Чита: ИПРЭК СО РАН, 2012. 20 с.
16. Борзенко С. В. Геохимия соленых озер Восточного Забайкалья: автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. Чита: ИПРЭК СО РАН, 2018. 42 с.
17. Замана Л. В., Борзенко С.В. // Материалы VI Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода «Термодинамическая оценка современной эвапаритовой седиментации соленых озер Восточного Забайкалья», Новосибирск: Сибирское отделение РАН. 2009. С. 220–223.
18. Schwabl Herbert, van der Valk Jan M. A. // The Journal of the Association for Nepal and Himalayan Studies. 2019. V. 39. No. 1. P. 208–218.

Поступила в редакцию 25.04.2024 г.

DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2024.2.8

**CHEMICAL COMPOSITION OF SALINE SALT OF SODA LAKE DORONINSKOE
IN ULETOVSKY DISTRICT OF TRANS-BAIKAL REGION**

© **Ts.-D. D. Batomunkueva***, **S. R. Sambueva**

*Buryat State Agricultural Academy named after V. Philippov
8 Pushkin St., 670010 Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia.*

**Email: bcyrendulma@mail.ru.*

In the practice of the Tibetan tradition of Buryat emchi-lama medicine, the problem of finding substitutes of Tibetan raw materials of local origin materials is of the greatest interest. The main characteristics of substitutes should be the identity of chemical composition and/or pharmacotherapeutic activity. The article presents the results of studying the chemical composition of sediments (khuzhir) of Doroninskoye soda lake of the Transbaikal Territory and suggests the use of khuzhir as a substitute for Tibetan raw materials in the manufacture of medicines.

Keywords: chemical composition; khuzhir; substitute; soda lake.

Received 25.04.2024 г.