

СОПОСТАВЛЕНИЕ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОЗЕРА ЭЛЬТОН И МЕРТВОГО МОРЯ

© 2013 г. Н.Г. Мязина

ООО «Технопроект НВ ТИСИЗ», г. Волгоград

Ключевые слова: озеро Эльтон, Мёртвое море, гидроминеральные ресурсы, лечебная грязь.



Выполнен гидрогеохимический анализ рапы и грязей минерального оз. Эльтон, приведены сведения о природных особенностях и механизме формирования озера. Проведена сравнительная оценка гидроминеральных ресурсов оз. Эльтон и Мёртвого моря. Обоснована перспективность развития лечебной зоны оз. Эльтон, возможность комплексного использования его гидроминеральной базы.

Введение

Волгоградская область располагает уникальным грязелечебным курортом Эльтон, расположенным на территории Эльтонского природного парка в районе одноименного озера. Исследования оз. Эльтон связаны с первыми академическими экспедициями И.И. Лепехина (1769), П.С. Палласа (1773), профессора Казанского университета И. Эрдмана (1815), профессора Московского технического училища Г.П. Федченко (1863), профессора П.А. Православлева (1951). Название озера происходит от тюрско-монгольских слов Алтан-Нор, что в переводе означает Золотое озеро. В XVIII–XIX вв. оз. Эльтон являлось одним из основных источников самосадочной поваренной соли в России; добыча соли осуществлялась до 1882 г. На Эльтоне в 1909 г. создана грязелечебница провизора Харченко и было доказано (И.А. Можайкиным, Н.В. Розе, А.Д. Стопневичем) важное значение грязе- и климатолечения для больных с заболеваниями органов дыхания, с 1910 г. функционирует грязевой и бальнеологический курорт, основан санаторий «Эльтон». В 2001 г. озеро и прилегающие к нему территории целинных сте-

пей (106 тыс. га) вошли в состав Государственного учреждения «Природный парк «Эльтонский».

Озеро Эльтон является самым крупным минеральным озером Европы (площадь 152 км², наибольшая глубина 1,5 м) и одним из самых минерализованных в мире: в 1,5 раза более минерализованное по сравнению с Мёртвым морем. Красноватый оттенок воде в озере придают водоросли *Dunaliella salina*. Озеро относится к типу самосадочных бассейнов с огромными запасами соли в рапе; на дне озера залегают залежи солей, под ними слой минеральной сероводородной грязи. Минеральные грязи залегают также вдоль береговой кромки в непосредственной близости к коренному берегу в виде непрерывной полосы, имеющей широкое развитие в устьях водотоков. Лечебные грязи оз. Эльтон относятся к иловым высокосульфидным соленасыщенным грязям материковых водоемов и характеризуются очень высоким содержанием сульфидов железа и водорастворимых солей, в т. ч. брома и бора. В настоящее время эльтонскую лечебную грязь используют во многих санаториях и профилакториях Волгоградской области.

Гидрогеохимическая характеристика минерального озера Эльтон и Мертвого моря

Озеро Эльтон. Озеро представляет собой бессточную впадину размерами 13 км с севера на юг, 18 км с запада на восток [1], образовавшуюся в результате экзогенных процессов на обнажившейся части крупного соляного купола. Уровень воды в озере на 15 м ниже уровня моря. В тектоническом отношении оз. Эльтон приурочено к Эльтонскому куполу Эльтонско-Джаньбекского вала Прикаспийской синеклизы.

Площадь водосбора озера составляет 1365 км², в него впадает семь водотоков с суммарным расходом 10 360 тыс. м³ в год, пересыхающих местами в засушливый период года. Воды их имеют преимущественно сульфатно-хлоридный, хлоридный натриевый состав и минерализацию от 4,9 до 22,2 г/дм³ (табл. 1). Питание осуществляется в значительной степени за счет разгрузки хазарского и апшеронского водоносных горизонтов. По классификациям В.А. Сулина и Е.Ф. Посохова [2], они относятся к хлормагниевого (IIIа), гипсовому (IIб) и хлоркальциевому (IIIб) типам. Воды водотоков Солянка, Чернявка и Малая Сморогда имеют хлоридный натриевый состав и минерализацию 22,2–26,2 г/дм³ (см. табл. 1). Они относятся к хлоркальциевому типу IIIб (по Е.Ф. Посохову), поскольку питание рек осуществляется за счет глубинных источников, выходы которых наблюдаются по р. Чернявке и в балке Родниковая.

Выходы родников приурочены к участкам пересечения нарушений, контролируемых долинами водотоков с оперяющимися трещинами. На склонах

Таблица 1. Геохимическая характеристика источников и рапы минеральных озёр Волгоградской области и Мёртвого моря

Название	Минерализация, г/л	Катионы, анионы, мг/дм ³ мг-экв/дм ³					
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
р. Солянка	22,2	<u>488</u> 8,0	<u>197</u> 4,1	<u>3298</u> 374,6	<u>802</u> 40,0	<u>669</u> 55,0	<u>6718</u> 292,1
Родник, 2,2 км от устья р. Чернявки	22,72	<u>531</u> 8,7	<u>557</u> 11,61	<u>13283</u> 347,17	<u>743</u> 37,07	<u>688</u> 56,59	<u>6919</u> 300,82
оз. Эльтон	474,798	<u>2562</u> 42,0	<u>39784</u> 828,83	<u>312400</u> 8800	Отс. –	<u>116736</u> 9600	<u>2006</u> 87,22
Мёртвое море	337,34	<u>240</u> 3,94	–	<u>227500</u> 6408,5	<u>17130</u> 556,5	<u>45350</u> 3729,44	<u>47120</u> 1906,19

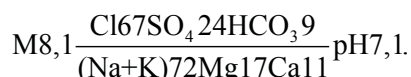
Название	рН уд. вес	Br, V, мг/дм ³	I, мг/ дм ³	H ₂ S, мг/ дм ³	Формула химического состава
р. Солянка	<u>7,0</u> –	<u>33,3</u> –	0,38	22,1	<u>Cl97 HCO₃1SO₄1</u> (Na+K)75 Mg15Ca10
Родник, 2,2 км от устья р. Чернявки	<u>7,6</u> 1,012	Отс.	Отс.	Отс.	<u>Cl95 SO₄3HCO₃2</u> (K+Na)76 Mg14 Ca10
оз. Эльтон	<u>5,2</u> 1,34	<u>1311</u> Отс.	1,01	Отс.	<u>Cl91 SO₄9</u> Mg99(K+Na)1
Мёртвое море	<u>5,9</u> 1,24	<u>5360</u> Отс.	Отс.	Отс.	<u>Cl100</u> Mg60 (Na+K)31Ca9

Примечание: Отс. – отсутствуют показатели.

долин водотоков и по балкам обнажаются дислоцированные породы апшеронского и хвалынского горизонтов.

Наряду с водами хлоркальциевого типа (Шб) в районе озера имеются родники сульфатно-хлоридного натриевого состава, воды которых относятся к типу Пб (по Е.Ф. Посохову). Это воды используют в качестве питьевых минеральных в санатории «Эльтон».

В долине р. Большая Сморогда расположен каптированный восходящий слабо газирующий источник, приуроченный к апшеронским отложениям неогена. Состав источника представлен формулой



В солевом составе вод присутствуют (%): NaCl – 67; MgSO₄ – 17; Ca(HCO₃)₂ – 9; Na₂SO₄ – 5; CaSO₄ – 2. Степень метаморфизации вод родника

низкая ($r_{Na/rCl} = 1,07$), вода по генезису инфильтрогенная (генетический коэффициент $r_{Na/rCl}$ служит показателем степени метаморфизации вод; значение коэффициента $r_{Na/rCl} > 0,87$ дает основание считать воды инфильтрогенными (инфильтрационными), $r_{Na/rCl} < 0,87$ – седиментогенными). Источник Сморогдинский относится к минеральным водам XIX группы Каспийского или Чартакского типа, лечебные свойства которых определяются повышенной минерализацией и общим ионно-солевым составом [4]. Минеральную воду Сморогдинского источника используют в санатории «Эльтон» при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Рапа самосадочного оз. Эльтон континентального соленакопления, по химическому составу хлоридная магниевая с содержанием брома 1311 мг/дм^3 и минерализацией $474,8 \text{ г/дм}^3$. Химический тип рапы IIIa – хлормagneиный (по Е.Ф. Посохову), она формируется на материке и не связана с морскими бассейнами. В самосадочных озерах MgCl_2 появляется как продукт глубокой метаморфизации озерной воды. Главным фактором изменения ионно-солевого состава рапы является кристаллизация солей

$$\text{Br}1,3\text{M}474,8 \frac{\text{Cl}91\text{SO}_4,9}{\text{Mg}99(\text{Na}+\text{K})1} \text{pH}5,2.$$

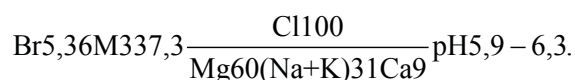
В солевом составе вод присутствуют (%): MgCl_2 – 91; MgSO_4 – 9; NaCl – 1. Степень метаморфизации рапы очень высокая, при значениях $r_{Na/rCl} = 0,01$; $\text{Cl/Br} = 238$ происходит садка солей – показатель континентального соленакопления.

Таким образом, оз. Эльтон, как месторождение природных самосадочных солей и рассолов, связано с разгрузкой в реки вод апшеронского водоносного горизонта и, главным образом, вод более глубоких горизонтов, размывающих древние пермские соляные отложения. Особенно отчетливо это отмечается для рек Чернявки и Солянки, питающихся хлоридными кальциево-натриевыми водами восходящих источников, сопровождающиеся выходами газов (район р. Чернявки). На северном берегу оз. Эльтон в районе р. Чернявки на глубине 340–350 м встречены отложения кунгурского яруса (каменная соль – галит), что подтверждает солянокупольное строение района.

Мёртвое море. Мёртвое море – это бессточное соленое озеро, расположенное на территории Израиля и Иордании в наиболее низкой части тектонической впадины Гхор на 425 м ниже уровня моря (самая глубокая депрессия на суше Земли), площадь его – около 810 км^2 , наибольшая глубина составляет 378 м. Промышленная разработка минералов, использование впадающих в Мёртвое море притоков, климатические изменения привели в течение последнего столетия к резкому падению уровня грунтовых вод и обмелению Мёртвого моря: уровень воды уже понизился на 25 м и продол-

жают падать в среднем на один метр в год. Жаркий сухой климат (осадки 50–100 мм/год) способствует интенсивному испарению воды и повышению ее минерализации.

Состав воды Мёртвого моря [2]

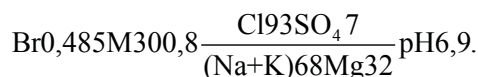


В солевом составе вод присутствуют (%): MgCl_2 – 60; $(\text{Na}+\text{K})\text{Cl}$ – 31; CaCl_2 – 9. Химический тип воды IIIб (по Е.Ф. Посохову). Обращает на себя внимание очень высокое содержание брома (5360 мг/дм^3) – считается, что это один из факторов успешного лечения псориаза и других заболеваний кожи. Содержание брома в 50 раз превышает его концентрацию в других морях и океанах, а магния – в 15 раз.

Рапа Мёртвого моря существенно отличается от других морей: она содержит преимущественно хлориды магния и натрия; в воде мало сульфатов, но относительно много бромидов. Иловые сульфидные грязи Мёртвого моря, которые добываются со дна, имеют высокую минерализацию (до 300 г/л), с высоким содержанием брома, йода, гормоноподобных веществ. Это позволило Мёртвому морю превратиться в уникальный лечебный курорт, созданный природой и привлекающий миллионы туристов со всех уголков Земного шара.

Гидрогеохимическая характеристика лечебных грязей озера Эльтон и Мёртвого моря

Лечебные грязи оз. Эльтон, согласно «Критериям оценки качества лечебных грязей при их разведке, использовании и охране» [3], относятся к иловым высокосульфидным соленасыщенным грязям материковых водоемов и характеризуются очень высоким содержанием сульфидов железа и водорастворимых солей, в т. ч. брома и бора (табл. 2). Запасы грязей в озере составляют 600 тыс. м^3 . Состав грязевого раствора представлен формулой



Содержание терапевтически активных компонентов составляет (мг/дм^3): сероводород – 50; бром – 485; бор – 41. Качественная и количественная характеристика грязей и состав отжима грязей оз. Эльтон представлена в табл. 2 и 3.

Грязь озера черная, с поверхности окисленная до желтовато-бурого цвета, разжиженная, с сильным запахом сероводорода. Физические свой-

Таблица 2. Качественная и количественная характеристика грязей оз. Эльтон

Компоненты	Содержание, %
Сырая грязь	
Вода	53,60
Растворенные соли	15,08
Сумма	68,68
А. Кристаллический скелет	
Гипс (CaSO ₄)	0,07
Карбонат кальция (CaCO ₃)	3,24
Карбонат магния (MgCO ₃)	1,55
Глинистый остов	18,67
Сумма	23,53
Б. Гидрофильный коллоидный комплекс	
Силикатные частицы диаметром <0,001 мм	2,68
Сульфид железа (FeS)	0,63
в т. ч. H ₂ S	0,25
Продукты разрушения HCl	2,85
в т. ч. SiO ₂	0,07
Fe ₂ O ₃	1,93
Al ₂ O ₃	0,85
Органическое вещество (по Кноппу)	1,55
в т. ч. углерод	0,90
Поглощенные ионы	0,08
Сумма	7,79
Общая сумма	100

Таблица 3. Состав отжима грязи оз. Эльтон

Компоненты	Единицы измерения		
	г/дм ³	г-экв/дм ³	%-экв в дм ³
Катионы:			
Натрий и калий	83,426	36,3	67,5
Кальций	0,451	22,5	0,4
Магний	21,006	1727,5	32,1
Сумма катионов	104,88	5377,2	100
Анионы:			
Хлор	177,08	4993,9	93
Бром	0,485	6,07	—
Сульфат	17,17	357,7	6,6
Гидрокарбонат	1,176	19,29	0,4
Гидросульфид-ион	0,007	0,21	—
Сумма анионов	195,918	5377,2	100
рН	6,7		
Борная кислота (H ₃ BO ₃)	0,041		
Общая минерализация	300,84		
Растворенный сероводород	0,026		
в т. ч. свободный	0,019		

Таблица 4. Сопоставление составов грязевых растворов оз. Эльтон и Мёртвого моря

Озеро Эльтон	Мёртвое море
Br0,485M300,8 $\frac{Cl93SO_4 7}{(Na+K)68Mg32}$ pH6,9	Br4,2M280 $\frac{Cl98SO_4 1HCO_3 1}{Mg54(Na+K)30Ca16}$ pH6,8.

тва пелоидов (плотность 1,56 г/см³, влажность – 41 %, теплоемкость – 0,64 кал/г·град) соответствуют критериям пригодности грязей оз. Эльтон для лечебных процедур.

В составе микрофлоры эльтонской грязи содержатся все основные физиологические группы бактерий, свойственные высокосолёным пелоидам; актиномицеты и грибы в ней отсутствуют. Бактериальная активность грязи относительно невысокая, что обусловлено большим количеством солей, играющих тормозящую роль в микробиальной деятельности. Максимальную активность в раповых грязях проявляют маслянокислые бактерии (10⁵), остальные обнаруживаются в количествах 10¹–10², очень редко (сульфатредуцирующие) в количествах 10³.

Сравнение составов грязевых растворов оз. Эльтон и Мёртвого моря (табл. 4) показывает, что они относятся к иловым высокосульфидным солёным насыщенным грязям материковых водоемов, близки по химическому составу и величине минерализации. Это хлоридные натриево-магниевые, магниевые-натриевые растворы с минерализацией от 280 до 300 г/дм³. Грязевой раствор оз. Эльтон отличается от растворов грязей Мёртвого моря; минерализация раствора на 20 г/дм³ больше, а содержанием брома в 8,7 раза ниже. По ряду показателей (поглощению микробов, красок, содержанию железа, биологически активных компонентов сероводорода, брома, бора) грязь Эльтона не уступает грязям прославленных озёр России (оз. Тинаки в Астраханской области) и Украины (оз. Саки на территории Крыма). В эльтонской грязи присутствует бор, который обладает антимикробными свойствами и способствует лечению кожных заболеваний.

Сопоставление гидрогеохимических, климатических и бальнеологических условий Мёртвого моря и озера Эльтон

Популяризация бальнеологической и климатической зоны оз. Эльтон в масштабах страны имеет актуальное значение. Курорт позволит многим больным избежать неблагоприятных проявлений адаптационного синдрома, неизбежного при переезде в другую климатическую зону. Комплексное использование грязей, рапы оз. Эльтон, минеральных источников в сочета-

нии с сухим климатом дает возможность лечить и оздоравливать больных с различными заболеваниями.

Рапа и грязи оз. Эльтон и Мёртвого моря по химическому составу, величине минерализации, макро- и микрокомпонентам являются близкими аналогами и отличаются между собой концентрацией биологически активных компонентов. Сравнение составов рапы показывает, что минерализация рапы оз. Эльтон на 137 г/дм³ выше, чем в Мёртвом море, содержание магния в 2,6 раза выше, брома в 4 раза меньше.

Кроме того, в районе оз. Эльтон в бальнеологических целях могут быть использованы реки и родники (для ванн и купаний), соляная шахта (для лечения больных астмой). Родники являются близкими аналогами Красноусольского, Усольского типов минеральных вод: без «специфических» компонентов и свойств, бромных – бальнеологического назначения, лечебное действие этих вод определяется величиной минерализации и ионно-солевым составом [4].

Гидроминеральные ресурсы оз. Эльтон по величине минерализации и биологически активным компонентам, сероводороду, бром, бору не уступают грязям и рапе прославленных курортов СНГ и Мёртвого моря.

Несмотря на уникальность гидроминеральных ресурсов Мёртвого моря, Волгоградская область обладает не меньшим потенциалом и возможностью популяризации круглогодичного бальнеологического и климатического курорта оз. Эльтон. В Заволжье кроме оз. Эльтон расположено еще несколько крупных горько-соленых озер (Боткуль и Булухта), которые могут служить как источниками для бальнеологии (грязи, рапа), так и гидроминерального сырья для минералогического химического производства (извлечение брома, оксида магния и производства косметических средств).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогеология СССР. Поволжье и Прикамье. Том XIII / под ред. Т.П. Афанасьева. М.: Недра, 1970. 800 с.
2. *Посохов Е.В.* Общая гидрогеохимия. Л.: Недра, 1975. 208 с.
3. Критерии оценки качества лечебных грязей при их разведке, использовании и охране. Минздрав СССР, 1987. 75 с.
4. ГОСТ 13273–88. Воды минеральные питьевые, лечебные и лечебно-столовые. М.: Изд-во стандартов, 1988. 29 с.

Сведения об авторе:

Мязина Наталья Григорьевна, к. г.-м. н., главный геолог партии, ООО «Технопроект НВТИСИЗ», 400120, г. Волгоград, ул. Елецкая, 108; e-mail: nvtisiz@list.ru