

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА КУЧУК



М. А. БЕРЕЗИН,
зав. сектором,
АО «ВНИИ Галургии»,
Санкт-Петербург, Россия,
mberezin@galurgy.sp.ru

Введение

Россия богата соляными озерами: их пояс занимает южную зону степей и полупустынь и, простираясь от северных склонов Кавказа, проходит через низовья Волги полосой по границе с Казахстаном, углубляется в пределы Монголии и Китая [1]. Соляные озера бывают: *рапными* — с поверхностным рассолом в течение всего года; *сухими*, поверхностные рассолы которых проявляются только в течение влажного периода года; *подпесочными*, в которых поверхностные рассолы отсутствуют [2–5].

По химическому типу рассолов соляные озера подразделяют на хлоридные, сульфатные и содовые [2]. К числу сульфатных озер относится и рассматриваемое ниже озеро Кучук — уникальное, единственное в России разрабатываемое месторождение природного сульфата натрия, балансовые запасы которого по категориям А+В+С₁+С₂ на 01.01.2015 г. составляли 218,2 млн т [6–9]. В 2014 г. из озера было добыто 772 тыс. т сульфата натрия, который используют в производстве моющих средств и товаров бытовой химии, применяют в целлюлозно-бумажной, химической, стекольной и фармацевтической отраслях промышленности [8–10].

Озерные месторождения сульфата натрия за рубежом распространены в Туркменистане (залив Кара-Богаз-Гол), в засушливых областях США (озера Great Salt, Searles, Owen и др.), на западе Канады, в провинции Толедо (Испания) и др. [11–19]. Аналогом Кучукского месторождения по химическому составу рассолов является залив Кара-Богаз-Гол, но его поверхностные рассолы пока не используют [18, 20]. Наиболее крупным эксплуатируемым зарубежным аналогом озера Кучук по составу рассолов можно считать озеро Серлз (Searles Lake, США, штат Калифорния), где эксплуатируют подземные межкристальные рассолы, а само озеро относится к числу *сухих* [15, 16].

Характеристика озера Кучук

Рапное соляное озеро Кучук расположено в Кулундинской впадине (Алтайский край) и представляет собой овальный водо-

Представлены современные исследования состояния запасов и эксплуатации уникального соляного озерного Кучукского месторождения сульфата натрия. Приведены результаты натурных замеров глубины, гипсометрических отметок дна и расчетного объема рассолов озера Кучук. Показано снижение отметок кровли соляных донных отложений и увеличение емкости озера, что связано с эксплуатацией озера геотехнологическим способом, при котором отработка запасов сульфата натрия (донного мирабилита) ведется периодическими откачками рассолов в летний период, когда рассолы наиболее обогащены Na_2SO_4 . Динамика снижения отметок донных отложений указывает на затухание процессов растворения линзы мирабилита-стеклеца.

Ключевые слова: соляное озеро, сульфат натрия, донные отложения, мирабилит-стеклец, геотехнология добычи, откачка и переработка рассола, растворение залежи мирабилита.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.07>

ем с длинной меридиональной осью — 19 км и короткой широтной — 12 км; акваторией около 170 км², глубиной до 2,5 м и объемом рассолов в среднем 300 млн м³. При понижении температуры в осенне-зимнее время из рассолов озера выпадает сезонный минерал — мирабилит (глауберова соль — десятиводный сульфат натрия). Массы выпадающего мирабилита огромны — 20–27 млн т. С весенним потеплением и увеличением растворимости мирабилит вновь переходит в раствор [6, 10]. Озеро Кучук является сырьевой базой для производства с 1961 г. сульфата натрия — основного товарного продукта ОАО «Кучуксульфат».

Запасы минеральных солей Кучукского месторождения сосредоточены в поверхностных рассолах и донных отложениях — в корневой залежи мирабилита-стеклеца и перекрывающих корневую залежь покровных отложениях. Последние представляют собой смесь соляных минералов (мирабилита, галита, в летний сезон — тенардита) и гипсово-карбонатных и органических илов. Сырьем для производства сульфата натрия в ОАО «Кучуксульфат» являются поверхностные рассолы озера, которые в летний период в объеме 30–35 млн м³ откачивают в садочный бассейн — озеро Селитренное. В нем при зимнем охлаждении кучукских рассолов происходит осадка мирабилита ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$), из которого заводской переработкой получают конечный продукт — Na_2SO_4 . Закачку кучукских рассолов проводят один раз в 2–3 года (с 2004 г. — каждый четный год). С каждой закачкой из озера Кучук с рассолами отбирают в зависимости от состава рапы от 1,6 до 2,8 млн т растворенного сульфата натрия [10].

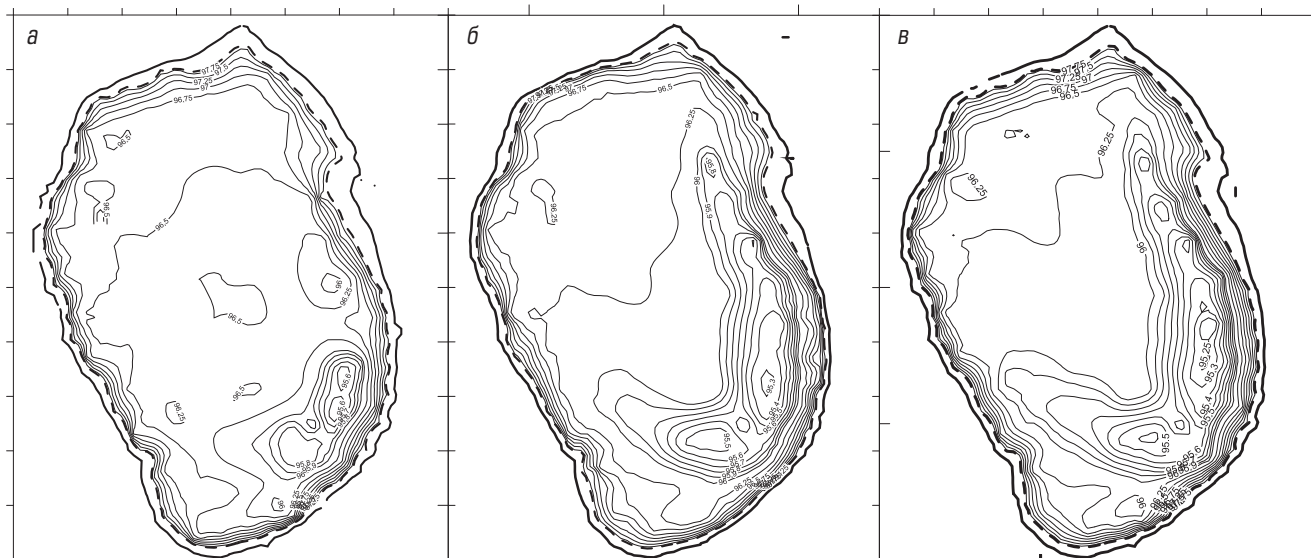


Рис. 1. Рельеф дна оз. Кучук и абс. отметки уреза рассолов по замерам в августе 1968 г. (а), в августе 1992 г. (б), в августе 2013 г. (в); отметки уреза (пунктирная линия), соответственно, м: 97,9; 97,91; 97,1; 97,77

Со сбросом маточных рассолов из озера Селитренного в озеро Кучук за период между откачками запасы сульфата натрия в рапе Кучука восстанавливаются (пополняются) за счет растворения залежи мирабилита-стеклеца и покровных отложений.

Таким образом, изменение абсолютных отметок дна озера является прямым доказательством растворения донных солей и восстановления запасов сульфата натрия в рассолах озера.

Замеры морфологических характеристик озера Кучук

Варьирование донных отметок и уреза озера Кучук определяет изменение в нем объема рассолов. Урез (отметка уровня) рассолов изменяется в годовом и многолетнем цикле под воздействием как природных, так и производственных факторов (откачки и сброса маточных рассолов). Годовая амплитуда среднемесячных значений уровня в годы без закачек в среднем за 1933–2014 гг. составила 0,24 м с максимумом 0,54 м в 1943 г. и минимумом 0,11 м в 1956 г. [21, 22]. Отметки дна озера, представленного покровными солями и линзой мирабилита-стеклеца, также изменяются под влиянием процессов растворения и садки солей. Таким образом, емкость озера Кучук непрерывно изменяется. За все время исследований проведено десять разовых площадных замеров (топосъемок) отметок его дна и оценок емкости. Анализ построенной по замерам зависимости емкости озера от отметки уровня показывает, что в целом емкость озера увеличивается. При этом при равной отметке уровня емкость озера выше в более поздние годы. Так, при абс. отметке уреза 97,5 м емкость озера в 1970 г. оценивали в менее 150 млн м³; в 1993 г. — 166,8; в 2000 г. — 190,4; в 2013 г. — 208,9. При абс. отметке налива 98 м емкость озера в 1970 г. оценивали в 235,6; в 1993 г. — 287,9; в 2013 г. — 292,7 млн м³.

Соляное дно озера также постоянно изменяется. В периоды повышенного уровня озера, когда рассолы недонасыщены по основным солям, донные соли растворяются, увеличивая емкость озерной чаши. В засушливые периоды, с упариванием рассолов и снижением их уровня, происходит садка «паразитической» для существующего производства соли — галита, выпадение которого снижает емкость чаши озера. Поэтому корректное сопоставление емкости озера и отметок его дна может нести информацию о направлении глобальных процессов изменения морфологии озера только при одинаковых (близких) условиях его существования.

Современная история развития озера (с 1960 г.) отмечена тремя периодами его усыхания с пиками в 1968–1969, 1982–1983 и 1999–2000 гг. и тремя периодами обводнения с пиками в 1973, 1987 и 2005 гг. Рельеф дна озера или линий равных отметок кровли покровных отложений по результатам промеров в августе 1968, 1992, 2002 и 2013 гг. [23, 24] показал, что в ложе озера выделяется ложбина-понижение, минимальные отметки которой вытянуты вдоль восточного берега, а глубина озера в ложбине приблизительно на метр больше, чем в центральной части акватории (**рис. 1**). При этом прослеживается развитие котловины озера — прогрессирующее снижение абс. отметок его дна: с 1969 до 1992 г. — резкое, минимальная зафиксированная отметка дна снизилась на 0,5 м; а с 1992 до 2002 г. — на 10 см.

Рельеф подошвы покровных отложений практически повторяет рельеф дна. Конкретные значения абсолютных отметок подошвы покровных отложений в отчетах по обследованиям озера не приведены, их определяли как разность отметок дна озера и мощности покровных отложений. В подавляющем большинстве промеренных точек абс. отметка подошвы покровных отложений является отметкой кровли мирабилита-стеклеца. Средняя мощ-

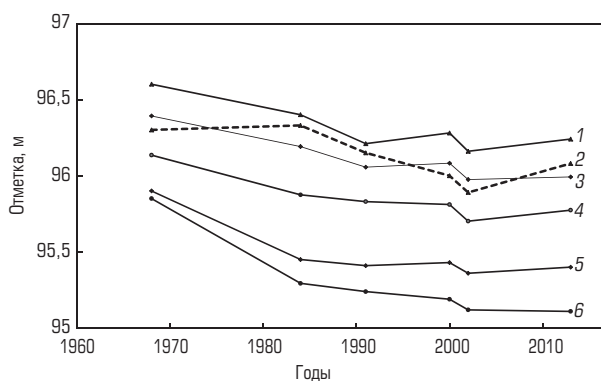


Рис. 2. Динамика изменения абс. отметок дна (средняя — 1; максимальная — 2; минимальная — 3) и покровных отложений (средняя — 4; максимальная — 5; минимальная — 6) по годам обследования

ность покровных отложений за годы обследований составляет 0,27 м, примерно на эту величину подошва покровных отложений (кровля мирабилита-стеклеца) залегают ниже зафиксированного дна озера.

По результатам обработанных замеров установлено (рис. 2), что основные изменения отметок дна озера и подошвы покровных отложений происходили в первой половине периода исследований. Общее снижение зафиксированной минимальной отметки дна за период 1968–2013 гг. составило 0,5 м (с абс. отметки 95,9 до 95,4 м). Рассчитанное значение минимальной отметки подошвы покровных отложений снизилось за этот же период на 74 см (с 95,85 до 95,11 м). По данным замеров 2002 и 2013 гг. отметки дна озера и подошвы покровных отложений практически не изменились. Средние значения отметок рассчитывали без учета прибрежных точек, т. е. оценивали высотное положение дна озера, на котором распространены покровные отложения. За

45 лет (1968–2013 гг.) средняя отметка дна снизилась на 0,4 м — с 96,39 до 95,99 м, а подошвы покровных отложений — на 0,37 м (с 96,14 до 95,77 м).

Изменение отметок дна как следствие растворения кровли мирабилита-стеклеца и солей покровных отложений свидетельствует о выработке запасов сульфата натрия месторождения озера Кучук. За весь производственный период (1961–2014 гг.) предприятие «Кучуксульфат» произвело более 17 млн т сульфата натрия, что в пересчете на мирабилит составляет около 38,7 млн т, или 26,4 млн м³ (без учета потерь при производстве). При средней акватории озера 170 км² эти объемы эквивалентны проседанию озера на 16 см. При площади залегания линзы мирабилита-стеклеца 128 км² и среднем содержании в нем сульфата натрия 37,5 % срезка (растворение) кровли линзы составит 0,24 м, что сопоставимо с изменением отметок дна (без учета производственных потерь и пористости отложений).

Заключение

За длительный период исследований соляного озера Кучук проведено десять разовых площадных замеров (топосъемок) отметок его дна и оценок емкости. Анализ показал, что в целом емкость озера увеличивается. Установленное понижение абсолютных отметок соляного дна озера связано с геотехнологией его эксплуатации, при которой выемка запасов сульфата натрия (донного мирабилита) осуществляется периодическими откачками рассолов в летний период, когда они наиболее обогащены Na₂SO₄. Динамика понижения отметок донных отложений указывает на затухание процессов растворения линзы мирабилита-стеклеца, однако это требует подтверждения ревизионными работами с опробованием рассолов и покровных отложений, а также организации и проведения специальных системных наблюдений за контуром и отметками поверхности линзы мирабилита-стеклеца.

Библиографический список

1. Гроховский Л. М. Озерные месторождения солей, их изучение и промышленная оценка. — М.: Недра, 1972. — 168 с.
2. Валяшко М. Г. Классификационные признаки соляных озер // Труды ВНИИГ. — Л.-М.: Гос. НТИХЛ, 1952. Вып. XXIII. С. 13–24.
3. Зацепин В. В., Свит Т. Ф. Современное состояние и пути развития Бурлинского солепромысла // Ползуновский вестник. 2013. № 1. С. 265–267.
4. Зеленковский П. С. Эколого-геологическая характеристика месторождения минеральных солей озера Баскунчак и особенности рационального освоения его ресурсов: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. — СПб.: СПбГУ, 2010. — 17 с.
5. Авдонин В. В., Старостин В. И. Геология полезных ископаемых. — М.: ИЦ «Академия», 2010. С. 348–352.
6. Шихеева Л. В., Зырянов В. В. Сульфат натрия. Свойства и производство. — Л.: Химия, 1978. — 240 с.
7. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Сульфат натрия. — М.: РФФ, 2015. С. 3–20.
8. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Сульфат натрия. — М.: РФФ, 2014. С. 3–20.
9. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Сульфат натрия. — М.: РФФ, 2013. С. 3–20.
10. Производство сульфата натрия из рассолов озера Кучук / под ред. Е. Е. Фроловского. — СПб.: СПбГУ, 2001. — 444 с.
11. Kostick D. S. Sodium sulfate / US Geological Survey. Mineral Commodity Summarise. 2005. P. 152–153.
12. Skorko K. W., Jewell P. W., Nicoll K. Fluvial response to an historic low stand of the Great Salt Lake, Utah // Earth Surface Processes and Landforms. 2012. Vol. 37. P. 143–156.
13. Anderson R. B., Naftz D. L., Day-Lewis F. D., Henderson R. D. et al. Quantity and quality of groundwater discharge in a hypersaline lake environment // Journal of Hydrology. 2014. Vol. 512. P. 177–194.
14. Nelson D. T., Jewell P. W. Transgressive stratigraphic record and possible oscillations of late Pleistocene Lake Bonneville, Northern Hogup Mountains, Utah, U.S.A. // Paleoclimatology, Paleoclimatology and Paleogeography. 2015. Vol. 423, P. 58–67.
15. Fairchild J. A Brief Description of the Depositional and Post Depositional History of Searles Lake, California. 2004. URL: <http://www1.iwvisp.com/tronagemclab/geology.htm> (дата обращения: 31.03.16).
16. Smith G. Late Cenozoic Geology and Lacustrine History of Searles Valley, Inyo and San Bernardino Counties, California. — Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2013. — 115 p.
17. Jewell P. W. Quantitative identification of erosional Lake Bonneville shorelines, Utah // Geomorphology. 2015. Vol. 253. P. 135–145.
18. Aladin N. V., Plotnikov I. S. Hydrobiology of the Caspian Sea // Dying and Dead Seas. NATO ARW. ASI Series. Kluwer Publ., Dordrecht, 2004. P. 185–226.
19. Micklin P. P., Aladin N. V. Reclaiming the Aral Sea // Scientific American. April 2008. P. 64–71.

20. Zonn I. S., Kostianoy A. G., Kosarev A. N. Kara-Bogaz-Gol Bay: Physical and Chemical Evolution // *Aquatic Geochemistry*. 2009. Vol. 15. Iss. 1. P. 223–236.
21. Фроловский Е. Е., Багринцева В. В. Оценка запасов гидроминерального сырья озера Кучук // *Горный журнал*. 2007. № 8. С. 63–67.
22. Багринцева В. В. Динамика и характер деградации коренной залежи мирабилита-стеклеца / Актуальные вопросы добычи и переработки природных солей // *Сб. науч. тр. ЗАО «ВНИИ Галургии»*. Вып. 7. — СПб. : НИИЗК СПбГУ, 2006. С. 314–320.
23. Кучукское месторождение минеральных солей в Благовещенском районе Алтайского края : отчет по пересчету запасов на основе учета геотехнологическо-

го способа отработки месторождения по состоянию на 01.01.1993 г. URL: <http://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=c1ca60a9064bcb4e5918555bcc1381b9> (дата обращения: 31.03.16).

24. Кучукское месторождение минеральных солей в Алтайском крае : отчет о результатах геологоразведочных работ по мониторингу на Кучукском месторождении минеральных солей, проведенных Кучукским отрядом в 1998–1999 гг. и обобщению материалов геологоразведочных работ. URL: <http://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=46634e083da1b37bd452efc51ffdd66a> (дата обращения: 31.03.16). **ТЖ**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2016, № 4, pp. 40–43
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.04.07>

Changes in the morphological characteristics of the depression basin of Kuchuk Lake

Information about author

M. A. Berezin¹, Divisional Manager, mberezin@galurgy.sp.ru

¹ VNII Galurgy Stock Co., St. Petersburg, Russia

Abstract

The bitter salt lake Kuchuk located in Kulunda depression (Altai Region) and is an oval water body with a long (meridional) axis of 19 km and a short (latitudinal) axis of 12 km, the water area of about 170 sq. km and a depth of 2.5 m and volume of brine, on the average, 300 million m³. Lake Kuchuk is a source of raw material for production of sodium sulfate – the main product manufactured by “KuchukSulphate” Stock Co. since 1961.

Reserves of mineral salts at Kuchuk deposit are concentrated in the surface brines and in bottom-dwelling depositions, that is in the root deposit of the glass-like mirabilite and in covering sediments overlapping this root deposit. Covering sediments is a mixture of saline minerals (mirabilite, halite, and – in the summer season – thenardite) and gypsum-carbonate and organic silts.

Capacity of Lake Kuchuk is constantly changing. During all time of the lake research there were produced ten single area measurements (topographical surveys) of its bottom marks and capacity evaluations. Dependence analysis of the Lake Kuchuk capacity on the level mark constructed from measurements during the survey years shows that capacity of the lake, in general, is increasing.

The article presents the material of processing the results of field measurements of depth, volume and hypsometric marks at the bottom of Lake Kuchuk. It shows the lowering of marks for the roof of saline bottom depositions and the capacity increase of the lake. The observed decline of the marks for the saline bottom of the lake is associated with its exploitation by means of the geotechnological method when mining of sodium sulphate (bottom mirabilite) is being conducted by periodic pumping out of brines in the summer period, when the brines are most enriched with Na₂SO₄. Dynamics of decline in the marks for bottom depositions indicates the attenuation of the dissolution processes in the lens of the glass-like mirabilite.

Keywords: Salt lake, sodium sulfate, bottom sediments, glass-like mirabilite, geo-technology of mining, pumping-out and processing of brine, dissolving of mirabilite deposit.

References

1. Grokhovskiy L. M. *Ozernye mestorozhdeniya soley, ikh izucheniye i promyshlennaya otsenka* (Lake salt deposits, their study and commercial appraisal). Moscow : Nedra, 1972. 168 p.
2. Valyashko M. G. Klassifikatsionnye priznaki solyanykh ozer (Classification attributes of saline lakes). *Trudy VNIIG (Proceedings of VNII Galurgy)*. Leningrad, Moscow, 1952. Iss. XXIII. pp. 13–24.
3. Zatspeyn V. V., Svit T. F. Sovremennoe sostoyaniye i puti razvitiya Burlinskogo solepromysla (The current state and ways for development of Burlinskiy salt mine). *Polzunovskiy vestnik = Polzunovsky bulletin*. 2013. No. 1. pp. 265–267.
4. Zelenkovskiy P. S. *Ekologo-geologicheskaya kharakteristika mestorozhdeniya mineralnykh soley ozera Baskunchak i osobennosti ratsionalnogo osvoeniya ego resursov : avtoreferat dissertatsii ... kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk* (Environmental and geological characteristics of mineral salts deposit at Baskunchak lake and peculiarities in rational utilization of its resources : thesis of inauguration of Dissertation ... of Candidate of Geological-Mineralogical Sciences). Saint Petersburg : Saint Petersburg State University, 2010. 17 p.
5. Avdonin V. V., Starostin V. I. *Geologiya poleznykh iskopaemykh* (Geology of natural minerals). Moscow : Information Centre “Akademiya”, 2010. pp. 348–352.
6. Shikheeva L. V., Zyryanov V. V. *Sulfat natriya. Svoystva i proizvodstvo* (Sodium Sulphate. Properties and production). Leningrad : Khimiya, 1978. 240 p.
7. *Gosudarstvennyy balans zapasov poleznykh iskopaemykh Rossiyskoy Federatsii. Sulfat natriya* (State balance of mineral reserves of the Russian Federation. Sodium sulphate). Moscow: RGF, 2015. pp. 3–20. (in Russian)

8. *Gosudarstvennyy balans zapasov poleznykh iskopaemykh Rossiyskoy Federatsii. Sulfat natriya* (State balance of mineral reserves of the Russian Federation. Sodium sulphate). Moscow: RGF, 2014. pp. 3–20. (in Russian)

9. *Gosudarstvennyy balans zapasov poleznykh iskopaemykh Rossiyskoy Federatsii. Sulfat natriya* (State balance of mineral reserves of the Russian Federation. Sodium sulphate). Moscow: RGF, 2013. pp. 3–20. (in Russian)

10. *Proizvodstvo sulfata natriya iz rassolov ozera Kuchuk* (Production of sodium sulphate from the Kuchuk Lake brines). Edited by E. E. Frolovskiy. Saint Petersburg : Saint Petersburg University, 2001. 441 p.

11. Kostick D. S. Sodium sulfate. *US Geological Survey. Mineral Commodity Summarise*. 2005. pp. 152–153.

12. Skorko, K. W., Jewell P. W., Nicoll K. Fluvial response to an historic low stand of the Great Salt Lake, Utah. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2012. Vol. 37. pp. 143–156.

13. Anderson, R. B., Naft D. L., Day-Lewis F. D., Henderson R., D. et al. Quantity and quality of groundwater discharge in a hypersaline lake environment. *Journal of Hydrology*. 2014. Vol. 512. pp. 177–94.

14. Nelson, D. T., Jewell P. W. Transgressive stratigraphic record and possible oscillations of late Pleistocene Lake Bonneville, Northern Hogup Mountains, Utah, U.S.A. *Paleoecology, Paleoclimatology, and Paleogeograph*. 2015. Vol. 423. pp. 58–67.

15. Fairchild J. A. Brief Description of the Depositional and Post Depositional History of Searles Lake, California. 2004. Available at: <http://www1.uwisp.com/tronagemclab/geology.htm> (accessed : March 31, 2016).

16. Smith G. Late Cenozoic Geology and Lacustrine History of Searles Valley, Inyo and San Bernardino Counties, California. Reston, Virginia : U. S. Geological Survey, 2013. 115 p.

17. Jewell P. W. Quantitative identification of erosional Lake Bonneville shorelines, Utah. *Geomorphology*. 2015. Vol. 253. pp. 135–145.

18. Aladin N. V., Plotnikov I. S. Hydrobiology of the Caspian Sea. In: *Dying and Dead Seas*. NATO ARW. ASI Series. Kluwer Publ., Dordrecht, 2004. pp. 185–226.

19. Micklin P. P., Aladin N. Reclaiming the Aral Sea. *Scientific American*. 2008. April. pp. 64–71.

20. Zonn I. S., Kostianoy A. G., Kosarev A. N. Kara-Bogaz-Gol Bay: Physical and Chemical Evolution. *Aquatic Geochemistry*. 2009. Vol. 15, Iss. 1. pp. 223–236.

21. Frolovskiy E. E., Bagrintseva V. V. *Otsenka zapasov gidromineralnogo syrya ozera Kuchuk* (Evaluation of hydromineral raw material reserves in Kuchuk Lake). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 2007. No. 8. pp. 63–67.

22. Bagrintseva V. V. *Dinamika i kharakter degradatsii korennoy salezhi mirabilita-stekleca* (Dynamics and nature of degradation in the bedrock deposit of glass-like mirabilite). *Aktualnye voprosy dobychi i pererabotki prirodnykh soley. Sbornik nauchnykh trudov zakrytogo aktsionernogo obshchestva VNII Galurgii* (Topical issues in mining and processing of natural salts. Collection of scientific proceedings of VNII Galurgy). Saint Petersburg, 2006. Iss 7. pp. 314–320.

23. *Kuchukское mestorozhdeniye mineralnykh soley v Blagoveshchenskom rayone Altayskogo kraya: Otchet po pereshchetu zapasov na osnove ucheta geotekhnologicheskogo sposoba otrabotki mestorozhdeniya po sostoyaniyu na 01.01.1993* (Kuchuk deposit of mineral salts in Blagoveshchensk region (Altai Krai): Report on the reserves recalculation based on geotechnological deposit mining method, as of 01.01.1993). Available at: <http://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=c1ca60a9064bcb4e5918555bcc1381b9> (accessed: March 31, 2016). (in Russian)

24. *Kuchukское mestorozhdeniye mineralnykh soley v Altayskom krae: Otchet o rezultatakh geologorazvedochnykh rabot po monitoringu na Kuchukskom mestorozhdenii mineralnykh soley, provedennykh Kuchukskim otryadom v 1998–1999 godakh i obobshcheniyu materialov geologorazvedochnykh rabot* (Kuchuk deposit of mineral salts in Altai Krai: Report on the results of geological prospecting work (mineral salts monitoring at Kuchuk deposit) carried out by Kuchuk task force in 1998–1999 and generalization of materials of geological prospecting work). Available at: <http://www.rfgf.ru/catalog/docview.php?did=46634e083da1b37bd452efc51ffdd66a> (accessed : March 31, 2016). (in Russian)