DOI:10.47765/0869-7175-2023-10012

УДК 553.63
© Коллектив авторов, 2023

Уникальное Кучукское месторождение озёрных солей и правовые аспекты его разработки

Приведены данные по процессам перераспределения полезного ископаемого в Кучукском месторождении озёрных солей и сложности, возникающие в связи с этим при его учёте и списании. Озёрные месторождения солей являются достаточно уникальными объектами, обладающими своей спецификой. На Кучукском месторождении разработана уникальная технология добычи сульфата натрия геотехнологическим способом, при котором добыча полезного ископаемого проходит с минимальным воздействием на окружающую среду. Этот способ позволяет без ущерба для месторождения и окружающей среды изменять объёмы добычи основного полезного ископаемого.

Ключевые слова: Кучуксульфат, сульфат натрия, запасы, учёт полезного ископаемого, озёрные соли.

БОГУСЛАВСКИЙ АНАТОЛИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник[1], boguslav@igm.nsc.ru

ШИГАНОВА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА, кандидат геолого-минералогических наук, старший эксперт[2], ol.vik@mail.ru

ШВАРЦЕВА ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник[3], olgnaim@mail.ru

СПИРИН АЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ, инженер[1]

[1] Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск

[2] АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», (АО "СНИИГГиМС"), г. Новосибирск

[3] Тюменский государственный университет, г. Тюмень

The unique Kuchuk lake salt deposit and legal aspects of its exploitation

A. E. BOGUSLAVSKY[1], O. V. SHIGANOVA[2], O. S. SHVARTSEVA[3], A. O. SPIRIN[1]

[1] Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Novosibirsk

[2] Rosgeologiya, Joint Stock Company "Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources" (JSC "SNIIGGiMS"), Novosibirsk

[3] Tyumen State University, Ttyumen

Data on the processes of mineral redistribution in the Kuchuk lake salt deposit are presented, and the difficulties arising in this regard during the mineral reserve accounting and write-off are discussed. Lake salt deposits are quite unusual objects with individual specifics. A unique technology using a geotechnological method for the sodium sulfate extraction with minimal environment impact has been developed for the Kuchuk deposit. This method allows one to change the volume of extraction of the main mineral without a damage for the deposit and the environment.

Key words: Kuchuksulphate, sodium sulfate, reserves, mineral accounting, lake salts.

Введение. На сегодняшний день в мире из природных источников производят порядка 4 млн т Na_2SO_4 в год. Крупнейшим производителем и поставщиком сульфата натрия в мире является Китай. В 2008 г. Китай отправил на внешний рынок немногим более 2,6 млн т Na_2SO_4 [13]. В Китае находятся внушительные запасы мирабилита и глауберита, которые используются в качестве минерального сырья для получения сульфата натрия. Причём две трети сульфата натрия в мире производятся после переработки мирабилита. Группа компаний Nafine GroupInternational Co., Ltd. (Китай) располагает самыми крупными мощностями производства сульфата натрия в Китае (3 млн т в год). Группа разрабатывает отложения хлорид-сульфатного типа солёного оз. Юньчэн

площадью 132 км^2 в северной провинции Шаньси (КНР) [14]. Важное значение имеют месторождения природного сульфата натрия Казахстана, балансовые запасы которого на 01.01.2010 г. суммарно составляли 5776,2 тыс. т, забалансовые – 22 811 тыс. т. Забалансовые запасы в рапе 11 746 тыс. т [2].

Ведущими производителями сульфата натрия из природного сырья в странах СНГ на сегодняшний день остаются два предприятия АО «Кучуксульфат» и ПО «Карабогазсульфат». На этих предприятиях сульфат натрия производится из мирабилита, полученного в результате самосадки из сульфатоносной рапы. ПО «Карабогазсульфат» эксплуатирует месторождения минерального сырья залива Кара-Богаз-Гол, освоение которого было начато ещё в 1924 г. Предприятие перерабатывало рапу, образующуюся при испарении морской воды. После строительства дамбы, отделяющей залив от морской акватории, перерабатывались межкристальные рассолы из скважин. Технологические мощности по производству промышленного сульфата натрия на ПО «Карабогазсульфат» составляют 237,5 тыс. т в год (Марка А) и природного сульфата натрия – 66,5 тыс. т в год (Марка Б) [12].

АО «Кучуксульфат» эксплуатирует Кучукское месторождение, промышленная эксплуатация которого начата с 1960 г. геотехнологическим способом из рапы озера, позволяющим выполнять добычу сульфата натрия без существенной трансформации гидрологического и гидрохимического режима озера. В настоящее время предприятие ведёт переработку вторично садочного мирабилита с получением сульфата натрия. В предыдущие периоды производилась добыча Br, отработка которого прекращена в силу экономической конъюнктуры. При этом запасы прочих солей и брома при добыче сульфата натрия сохраняются и могут добываться при изменении экономической ситуации или появлении новых технологий. Технические мощности АО «Кучуксульфат» позволяют получать ~800 000 т в год сульфата натрия.

Объект исследования. *Природно-климатические условия.* Кучукское месторождение минеральных солей приурочено к одноимённому озеру и находится в пределах Кулундинской степи, ближе к её восточной окраине. Поверхность рельефа имеет уклон к юго-западу и западу и расчленена хорошо выраженными долинообразными понижениями. Развитая речная сеть сопровождается большим количеством проточных озёр. Поверхностный сток аккумулируется в бессточных озёрах, к которым относится и оз. Кучукское. Климат Кулундинской степи сформировался как резко континентальный, отличается сухостью, резкой изменчивостью как по сезонам, так и по годам. Открытость Кулундинской степи к вторжению бедных влагой южных среднеазиатских и северных полярных масс сформировала условия для аридизации климата. Основная особенность климата Кулундинской степи – отрицательный баланс между поступлением водных масс и их потерей на испарение, определивший активность процессов соленакопления как в поверхностных, так и подземных водах бессточных зон [1]. Так, за период 1980–2020 гг. среднегодовые осадки в бассейне оз. Кучукское составили 278 мм при испарении с рапы – 561 мм [8]. Следствием этого является накопление солей в котловинах с формированием рапы и пластов твёрдых солей разного химического состава, преимущественно хлоридного и сульфатного.

Дополнительным, но не менее значимым природным фактором в процессе соленакопления можно считать литологический состав неогеновых отложений, среди которых наиболее распространены глины таволжанской и павлодарской свит с известково-мергелистыми конкрециями и друзами гипса.

Район месторождения приурочен к Кулундинской впадине. Месторождение представлено бессточным горько-солёным озером в системе р. Кулунда–оз. Кулундинское–оз. Кучукское. Форма озера – эллипсоидальная, вытянутая в меридиональном направлении на 18 км при ширине до 12 км. Площадь озера составляет 175 км^2, глубина – до 2,5 м. Полезная толща месторождения представлена слоем высокоминерализованной рапы мощностью до 2,4 м (в среднем 1,3 м) и современными соляно-илистыми отложениями, залегающими непосредственно на терригенных отложениях карасукской свиты аллювиально-озёрного генезиса. Сложена свита неравномерно чередующимися суглинками, глинами и песками.

Корневые донные отложения озера подразделяются на 3 типа (снизу вверх): ил с мирабилитом средней мощностью 1,8 м, мирабилит с илом средней мощностью 0,7 м, мирабилит-стеклец средней мощностью 2,5 м. Переходы между разностями – постепенные. К мирабилиту-стеклецу

отнесены отложения, содержащие Na_2SO_4 не менее 32% и нерастворимого в воде остатка – не более 12%, к мирабилиту с илом – содержащие нерастворимый в воде остаток от 12 до 50% и к илу с мирабилитом – более 50% [10].

Корневые отложения перекрыты покровными отложениями, которые подразделяются на новосадку (отложения мирабилита, выпавшие в течение последнего года) и старосадку (отложения мирабилита, выпавшие более года назад), содержащие в среднем Na_2SO_4 44,54% и имеющие мощность 0–0,6 м (в среднем 0,2 м).

Корневая залежь, в которой сосредоточены основные запасы мирабилита Кучукского месторождения, образует эллипсовидную линзу, имеющую общую площадь 125 км^2. Максимальные мощности мирабилитовой линзы (4,0–5,2 м) отмечаются в её наиболее опущенных южной и юго-западной частях, минимальные (≤1,0 м) характерны для прибрежных участков, а также приурочены к зонам притока грунтовых вод (устье рек Кучук и Солоновка).

История разведки месторождения. Исследования на оз. Кучукское начали проводиться с 1927 г. Кулундинской соляной экспедицией под руководством И. Н. Гладцина. В 1928–1931 гг. была выполнена первая детальная разведка оз. Кучукское Кулундинской партией под руководством М. И. Кучина с определением запасов солей в рапе и мирабилита-стеклеца в донных отложениях. Материалы разведки на утверждение не представлялись из-за некоторых неточностей и недоработок. В 1931–1933 гг. Кулундинской комплексной экспедицией АН СССР под руководством академика Н. С. Курнакова была разработана схема использования рассолов оз. Кучукское и проведена разведка котловины оз. Селитренное. В 1938 г. сотрудники ВНИИГ выполнили разведку поверхностной рапы оз. Кучукское с подсчётом запасов хлористого натрия, хлористого магния и сульфата натрия. В 1939 г. оба отчёта с подсчётом запасов солей в рапе и в корневой линзе были представлены на рассмотрение в ВКЗ и протоколом от 23.08.1939 № 1416 утверждены. В 1947 г. ВНИИГ приступил к составлению проектного задания на строительство Кучукского сульфатного завода и проведению детальной разведки поверхностной рапы оз. Кучукское. В 1959 г. выполнена детальная разведка поверхностной рапы оз. Кучукское, по материалам которой протоколом ГКЗ от 18.01.1962 № 3563 утверждены запасы солей в рапе по категории А в количестве: NaCl – 56,8 млн т, $MgCl_2$ – 17,3 млн т и запасы Na_2SO_4 – 21,6 млн т. В 1963–1970 гг. Нерудная геологоразведочная экспедиция провела на оз. Кучукское детальную разведку поверхностной рапы и донной залежи мирабилита. По результатам работ были подсчитаны запасы солей в твёрдой фазе на основании кондиций, разработанных ВНИИГ и утверждённых ГКЗ (протокол от 03.04.1970 № 475). Протоколом от 02.06.1971 № 6264 ГКЗ утвердила запасы мирабилита корневой залежи и поверхностной рапы по состоянию на 18–26 августа 1968 г. Протоколом ГКЗ Минприроды России от 13.04.1994 № 235 утверждены (для геотехнологического способа отработки) балансовые запасы поверхностной рапы, которые признаны подготовленными к промышленному освоению [3].

Динамика сезонного перераспределения солей в Кучукском озере. Особенностью солевого баланса Кучукского озера является существенное изменение химического состава рапы в течение года, эта особенность связана с заметным изменением растворимости сульфата натрия в интервале температур -20…+30 °С. В зимний период растворимость снижается до 0,5 вес.% и из рапы кристаллизуется минерал мирабилит ($Na_2SO_4 \times 10\ H_2O$). В летний период растворимость увеличивается до 8–9% и происходит растворение выпавшего в зимний период мирабилита (так называемая новосадка), а так же подстилающих его отложений старосадки и корневой линзы мирабилита-стеклеца. Концентрация остальных ионов в ходе сезонных колебаний изменяется в более низких пределах (табл. 1).

Такое сезонное изменение состава рапы позволило проводить отработку месторождения геотехнологическим способом. Он заключается в перекачке части рапы в период наибольшего насыщения сульфатом и натрием в садочный бассейн, а после выпадения мирабилита при снижении температуры, обеднённая рапа откачивается обратно в оз. Кучукское. Осадок выпавшего мирабилита поступает в дальнейшую переработку.

Ведущие процессы, влияющие на перераспределение сульфата натрия, показаны на рис. 1. Важно отметить, что процессы перераспределения солей между рапой и донными отложениями (I–V) являются природными, протекавшими до начала отработки и продолжающимися в современный период. Отработка месторождения озера изменила их интенсивность, при этом изъятие сульфата

1. Состав рапы оз. Кучукское в летнее и зимнее время

Параметры	Единицы измерения	Рапа	
		летняя	зимняя
Плотность	г/см^3	1,231 1,181–1,262	1,169 1,123–1,193
Mg^{2+}	вес.%	1,20 0,96–1,48	1,29 0,74–1,67
SO_4^{2-}	вес.%	4,82 3,39–6,29	0,40 0,17–0,77
Cl^-	вес.%	12,7 10,4–13,9	13,1 9,1–15,1
Na^+	вес.%	8,28 6,69–9,21	6,23 4,87–7,23
Сумма	вес.%	27,0 21,8–30,7	21,0 15,5–24,4

Примечание. Числитель – среднее значение, знаменатель – диапазон 1960–2022 гг.

натрия из рапы компенсируется растворением мирабилита-стеклеца и покровных отложений. Поэтому структура водно-солевого баланса озера в общем виде сохранила свои черты. Процессы, связанные с получением сульфата натрия, – перемещение обогащённой по сульфату и натрию рапы в садочный бассейн и возврат в Кучукское озеро обеднённого по этим компонентам маточного раствора (VI и VII).

Далее дадим характеристику выделенных процессов. *I и II – процессы сезонного осаждения и растворения мирабилита в акватории Кучукского озера.* В течение года химический состав рапы изменяется в широких пределах вследствие зависимости растворимости солей от температуры, при этом температура рапы изменяется от -16…-20 до +22…+30 °С. Наиболее сильные колебания отмечаются в составе ионов SO_4^{2-} от 2,5 до 77 г/л и Na^+ от 77 до 111 г/л. Концентрации Mg и Cl изменяются в более узких пределах от 15 до 20 г/л и 146 до 184 г/л соответственно. Установлено, что в течение года химический состав рапы в основном изменяется за счёт выпадения и растворения мирабилита [4]. Средний состав рапы оз. Кучукское в летнее и зимнее время, по данным ГРР, к подсчёту запасов представлен в табл. 1.

Осаждение мирабилита из рапы под действием сезонного снижения температуры (формирование новосадки) начинается с октября и происходит до января–февраля. При этом концентрация сульфата натрия в рапе снижается с 6–8 до 0,3–1,1 %. Соответственно, запасы Na_2SO_4 в поверхностной рапе изменяются в годовом цикле в широких пределах от 0,8–4,1 млн т в зимние месяцы до 17,4–28,4 млн т летом. Объём сульфата натрия в 14,5–26,9 млн т, который ежегодно перераспределяется между рапой и покровными отложениями, является своего рода динамической составляющей. Поскольку при таких значительных колебаниях проблематично оценить запасы озера, при подсчёте запасов принято среднее содержание сульфата натрия в «летней» рапе в размере 7,5 %, хотя фактически запасы в рапе меняются в достаточно широких пределах как в течение года, так и от года к году, на что влияют два основных фактора: температурный режим рапы и обводнённость года (рис. 2).

Применительно к рапе термин «запасы $MgCl_2$, Na_2SO_4, NaCl» использован условно, поскольку в жидкой фазе соли представлены анионами

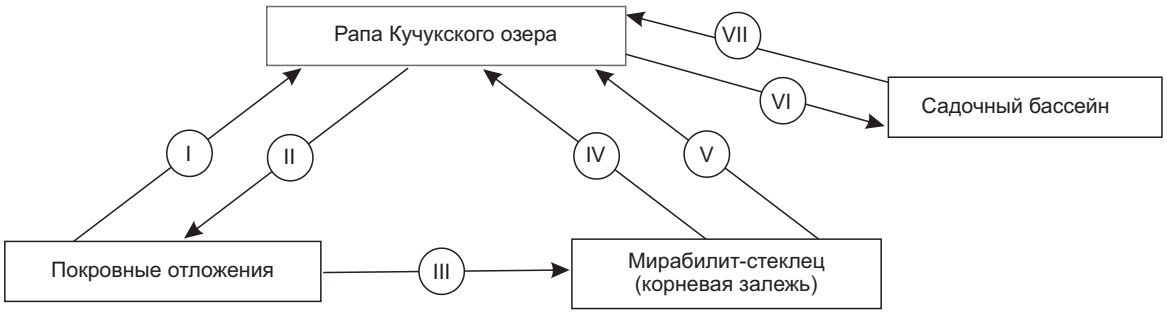


Рис. 1. Основные процессы, определяющие перемещение сульфата натрия

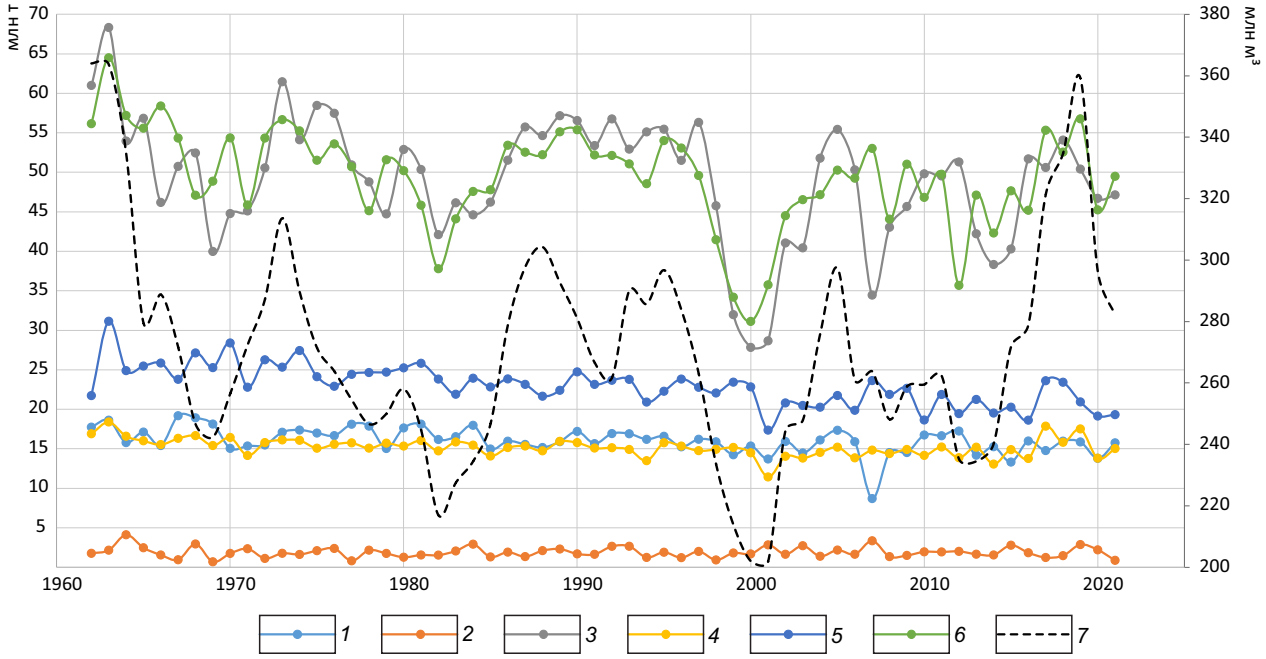


Рис. 2. Динамика изменения запасов основных солей в рапе Кучукского озера в летний и зимний период и объём рапы Кучукского озера за 1960–2021 гг.:

январь: *1* – $MgCl_2$, *2* – Na_2SO_4, *3* – NaCl; август: *4* – $MgCl_2$, *5* – Na_2SO_4, *6* – NaCl; *7* – средний объём рапы

и катионами Mg^{2+}, Na^+, Cl^-, SO_4^{2-}, и только для удобства характеристика состава даётся в пересчёте на соли [10].

III – перекристаллизация мирабилита и переход его из старосадки в мирабилит-стеклец. Преобразование старосадки в мирабилит-стеклец обуславливается уменьшением поверхностной энергии вещества при возрастании величины кристаллов. Перекристаллизация с укрупнением зёрен может совершаться в разных условиях: в присутствии растворителя и в твёрдом состоянии [7]. В результате протекания данного процесса происходит переход мирабилита из покровных отложений в корневую залежь.

IV – растворение корневой залежи на участках, лишённых покровных отложений. Корневая линза мирабилита-стеклеца за время существования комбината, по данным исследований, уменьшилась в плане, что свидетельствует о снижении запасов мирабилита за эксплуатационный период [5].

По мнению ряда авторов, слой покровных отложений над линзой мирабилита-стеклеца экранирует линзу и препятствует её диффузионному растворению, что приводит к инконгруэнтному плавлению мирабилита-стеклеца корневой залежи [6]. Как следствие, обогащение рапы ионами сульфата происходит за счёт корневой линзы мирабилита-стеклеца по двум направлениям: а) при отсутствии покровного слоя – растворением корневой залежи мирабилита-стеклеца; б) в присутствии покровного слоя – инконгруэнтное плавление корневой залежи мирабилита-стеклеца при прогреве линзы до температуры 16,8 °С.

В работе, подготовленной с использованием материалов геологоразведочных работ за 1993 и 1999 гг., отмечено, что рельеф дна озера или линий равных отметок кровли покровных отложений, по результатам промеров, в августе 1968, 1992, 2002 и 2013 гг. 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 [5]. При этом прослеживается снижение абсолютных отметок его дна (поверхность солевых отложений): с 1969 до 1992 г. – резкое, минимальная зафиксированная отметка дна снизилась

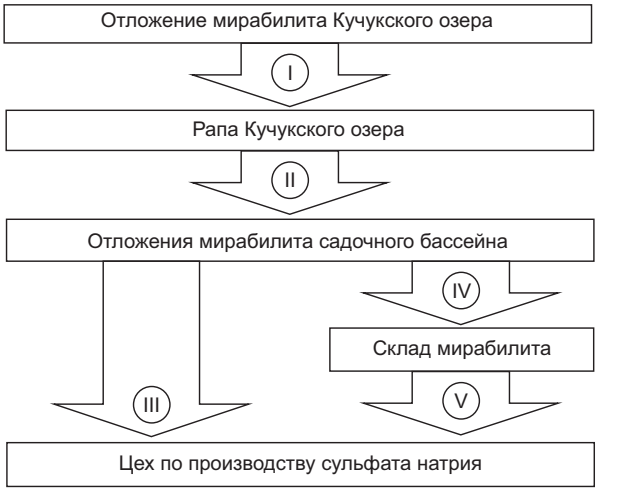


Рис. 3. Технологическая схема отработки Кучукского месторождения

на 0,5 м, а с 1992 до 2002 г. – на 10 см. 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).

V – растворение корневой залежи под воздействием разгружающихся грунтовых вод. По мнению Е. Е. Фроловского с соавторами, процесс подпитки Кучукского озера грунтовыми водами приводит к растворению мирабилита и выносу сульфата натрия из подошвенной части линзы мирабилита-стеклеца и из подстилающих эту линзу отложений. Ежегодное поступление сульфата натрия в рапу Кучукского озера из подстилающих отложений оценивается в 350 тыс. т в год [9].

VI–VII – изъятие «летней» рапы из Кучукского озера в садочный бассейн и возвращение в Кучукское озеро обеднённой «зимней» рапы (маточных рассолов). В существующей техно-природной системе, сложившейся в системе Кучукского озера, согласно проектным решениям, предусмотрен двухгодичный цикл изъятия рапы в садочный бассейн и возвращение назад обеднённого маточного рассола в зимний период. Эксплуатация месторождения начата Кучукским сульфатным заводом в 1960 г. Промышленное производство сульфата натрия начато в 1963 г. и осуществляется, согласно проектной документации, путём закачки летней рапы озера, содержащей наибольшую концентрацию сульфата натрия, по специальному рапопроводу в садочный бассейн – оз. Селитренное. При осенне-зимнем понижении температуры происходит садка мирабилита, после чего обессульфаченный маточник сбрасывают обратно в оз. Кучукское. Освобождённый от маточной рапы пласт мирабилита разрабатывается горной техникой.

Кроме обозначенных процессов, хотелось бы отметить современное поступление в озёрную котловину солей с подземным и поверхностным стоком. Ежегодно, согласно расчётам, в озеро поступает (в т): Mg ~ 2300, Na ~ 8500, Cl ~ 6300, SO_4 ~ 12 300.

Технологическая схема отработки месторождения. Разработка Кучукского месторождения ведётся геотехнологическим способом, являющимся, с одной стороны, наиболее рентабельным, а с другой, приводящим к минимальному нарушению режима озера. Геотехнологический способ отработки включает в себя (рис. 3):

- растворение линзы мирабилита-стеклеца и покровных отложений;
- цикличную (один раз в 2 года) закачку поверхностной рапы «летнего» состава (содержание сульфата натрия более 4 %) в садочный бассейн;
- осаждение (садку) мирабилита из рапы в осенне-зимний период в садочном бассейне;
- сброс маточных рассолов через питательно-сбросной канал в оз. Кучукское;
- отгрузку новоосаждённого мирабилита непосредственно на первичную переработку в производственный цех или через накопительный (береговой) склад.

I. Растворение покровных и корневых отложений мирабилита и обогащение сульфатом натрия рапы Кучукского озера.

II. С помощью подводящего канала и трубопроводов в комплексе с насосными установками, производятся перекачка рапы из озера и её транспортирование через питательно-сбросной канал в садочный бассейн. При общем объёме рапы Кучукского озера в летний период в среднем 267 млн м^3 (190–360 млн м^3 в зависимости от обводнённости года) в садочный бассейн закачивается 33,8 млн м^3 рапы. В садочный бассейн закачивается рапа летнего состава с максимальным содержанием сульфата натрия. После этого при снижении температуры вследствие уменьшения растворимости происходит осаждение мирабилита, а обеднённая зимняя рапа возвращается в Кучукское озеро. При двухлетнем цикле разработки закачка рапы в садочный бассейн, кристаллизация мирабилита, дренаж и сброс маточного

рассола в оз. Кучукское занимают 7,5 месяцев. В это время в качестве источника сырья в производстве используются складские запасы мирабилита. Подготовка, погрузка, транспортировка и отгрузка мирабилита на первичную переработку непосредственно или через открытый накопительный склад – 16,5 месяцев.

III. Разработка осаждённого в садочном бассейне мирабилита, который может поступать непосредственно в производственный цех либо накапливаться на временном складе (IV), служащим источником сырья во время заполнения рапой садочного бассейна (V). В зависимости от объёма сырья, накопленного на складе, можно без ущерба для месторождения изменять объём добычи путём перехода на трёх- или четырёхлетний цикл закачки.

Геотехнологический способ позволяет сохранять минимальное воздействие на окружающую среду. Это можно видеть на примере жизнедеятельности Artemia salina, которая является вторым по значимости природным ресурсом Кучукского озера. Безусловно, колебания озера, появляющиеся вследствие откачки рапы в садочный бассейн, могут влиять на её численность, однако независимо от деятельности АО «Кучуксульфат» добыча Artemia salina проводится двумя предприятиями, деятельность которых более значима для её популяции.

Отработка других солей, содержащихся преимущественно в рапе, при существующих технологиях возможна только путём закачки обеднённой по Na_2SO_4 рапы в испарительные бассейны с дальнейшей переработкой осадка. Такая отработка приведёт к значительной трансформации существующего водного баланса, что может вызвать полную ликвидацию озера. Даже замещение изъятой рапы пресной водой может привести к неконтролируемым последствиям, так как интенсивность растворения-кристаллизации мирабилита в условиях опреснения рапы может заметно измениться, что обусловит невозможность добычи основного полезного ископаемого [3]. Поэтому предприятием обосновано принята долгосрочная стратегия отработки месторождения, предполагающая добычу сульфата натрия до исчерпания линзы мирабилита-стеклеца, остальные соли из рапы будут добываться на заключительном этапе.

Учёт добычи полезного ископаемого. В настоящее время проблемы учёта добытого полезного ископаемого связаны, прежде всего, с уникальностью схемы добычи и переработки полезного ископаемого, основы которой были заложены в 1960-х годах. В советский период предприятие относилось к химической промышленности и работало на основании регламентов и нормативов Минхимпрома, а так как предприятие эксплуатирует уникальное месторождение, часть регламентов и нормативов формировалась специально для него. После распада Советского Союза и ликвидации Минхимпрома комбинат оказался среди горнодобывающих предприятий, нормативная база которых мало соответствовала существующим условиям эксплуатации, что породило массу проблем нормативного характера, связанных с категоризацией запасов, учётом добычи полезного ископаемого и даже с самим полезным ископаемым, используемым комбинатом.

По приведённой типизации месторождений, Кучукское месторождение солей относится ко второму типу – озёрные. Запасы мирабилита и солей утверждены протоколами ГКЗ от 02.06.1971 № 6264 и от 13.04.1994 № 235 по состоянию на 16–21 августа 1992 г. (табл. 2) [3].

Как видно из таблицы, рапа Кучукского озера отнесена к категории «А», хотя даже в отсутствии техногенного фактора, запасы существенно изменяются как в пределах года, так и в пределах многолетних климатических циклов.

Включение в систему водно-солевого баланса озера техногенного фактора в виде изъятия из рапы природного сульфата натрия переводит рапу в новое состояние – недонасыщение к солям сульфата натрия. В результате чего наблюдается включение в этот динамический баланс отложений мирабилита из покровных отложений и линзы мирабилита-стеклеца. Формально можно выделить начальный период отработки запасов рапы и последующий, связанный с отработкой уже отложений мирабилита-стеклеца. В процессе добычи эта стадия разработки месторождения не зафиксирована, то есть когда рапа озера вышла на уровень недонасыщения к минеральным формам сульфата натрия, в частности мирабилита. Более того, она может быть выделена только условно, так как динамику баланса рапа–мирабилит определяет объём добычи. После завершения этого этапа рапа из собственно объекта добычи перешла в категорию технологического раствора, позволяющего проводить добычу мирабилита донных отложений (покровные отложения, корневая залежь).

2. Запасы мирабилита и солей в Кучукском месторождении

Категория	Запасы рапы, тыс. м³	Содержание солей, %					Запасы, тыс. т			
		Na_2SO_4	NaCl	MgCl		Br	Na_2SO_4	NaCl	MgCl	Br
Балансовые										
Поверхностной рапы (тыс. м³)										
A	264563	7,443	16,558	4,782		0,024	24555	54626	15776	79,2
Мирабилит корневой залежи, тыс. т										
		Na_2SO_4	NaCl	MgCl	$MgSO_4$		Na_2SO_4	NaCl	$MgSO_4$	
B	27936	39,87	2,63		0,74		11122	733	206,5	
C_1	41780	41,08	2,44		0,77		17163	1019	322	
C_2	416320	41,19	2,04		0,6		171482	8493	2498	
Запасы покровных отложений (старосадка + новосадка), тыс. т										
C_1	32112	44,302	7,097		1,92		14321	2280	617	
Забалансовые										
Мирабилит корневой залежи, тыс. т										
B	1122	35,46	3,32		0,76		398	38	8,7	
Мирабилит корневой залежи по протоколу ГКЗ от 02.06.71 № 6264										

До 1988 г. извлечённый из оз. Кучукское сульфат натрия по государственному балансу списывался только из рапы. Однако, когда было установлено, что при общей добыче предприятием за 1961–1987 гг. 7,15 млн т сульфата натрия запасы в рапе в силу восстановления состава за счёт покровных и коренных отложений заметным образом не изменились, то Протоколом ЦКЗ Минхимпрома от 28.01.1988 № 27 запасы сульфата натрия в рапе были восстановлены по утверждённому ГКЗ в 1971 г. среднему содержанию в рапе и объёму рапы с учётом того, что стабилизация концентрации рапы достигается за счёт растворения мирабилита. Соответственно, из запасов мирабилита корневой залежи был списан объём добычи за этот период (17,39 млн т мирабилита или 7,15 млн т сульфата натрия). В дальнейшем списание проводилось из корневой залежи, а запасы сульфата натрия в рапе были приняты за константу (24,555 млн т) и далее не изменялись. Это решение, сняв часть несоответствий, не в полной мере исправило ситуацию. Диапазон изменений растворённых солей за период 1962–2021 гг. изменялся в интервале 17,37–28,4 млн т, что противоречит присвоению данным запасам категории «А». По нашему мнению, было бы корректнее динамический объём сульфата натрия добавить к покровным отложениям, а остающийся в зимней рапе сульфат натрия в объёме ~1,9 млн т перевести в забалансовые запасы, как это сделано на месторождении Аджбулат [2]. В этом случае рапа по документам, как это и фактически имеет место, являлась бы флюидом, при помощи которого проводились растворение покровных отложений и корневой залежи Кучукского озера и формирование отложений мирабилита в садочном бассейне (по аналогии с добычей полезных ископаемых методом подземного выщелачивания).

Следующий вопрос правовой неоднородности связан с собственно пониманием того, что в данном случае является полезным ископаемым. Согласно общероссийскому классификатору полезных ископаемых и подземных вод, полезным ископаемым может быть как непосредственно мирабилит (код 1430971), так и раствор сульфата натрия в рапе (код 1430972). Учитывая, что в данном случае мы имеем как отложения мирабилита, так и рапу, технологические кондиции которой восстанавливаются естественным способом за счёт запасов сульфата натрия корневой залежи мирабилита-стеклеца и (или) покровных отложений [10], ответ может быть двояким. С точки зрения физического процесса, имеется единая последовательность физико-химических превращений

форм сульфата натрия: мирабилит Кучукского озера→раствор сульфата натрия в рапе→мирабилит садочного бассейна→безводный сульфат натрия, полученный в ходе дальнейшей переработки. На каком этапе ставится граница между собственно добычными работами и дальнейшей переработкой сырья – это вопрос экономики и существующей нормативной базы, который решается непосредственно недропользователем.

Существующая на сегодняшний момент судебная практика (в том числе постановления Конституционного Суда Российской Федерации), отражённая в ряде постановлений, гласит: «При определении добытого полезного ископаемого в целях налогообложения необходимо принимать во внимание в совокупности сведения, содержащиеся в лицензии на пользование недрами, техническом проекте разработки месторождения, данных государственного баланса запасов полезных ископаемых, стандартах качества полезного ископаемого и иных документах налогоплательщика, являющегося недропользователем» [11]. Таким образом, недропользователь, получая лицензию и далее разрабатывая технический проект, вводя стандарт полезного ископаемого, имеет возможность сам определить границу между собственно добычей полезного ископаемого и его дальнейшей переработкой.

АО «Кучуксульфат» определило полезным ископаемым мирабилит, получаемый в садочном бассейне, соответствующим образом разработало технический проект и ввело стандарт качества мирабилита. Учёт полезного ископаемого, согласно принятой на предприятии технической документации, ведётся по объёму выпавшего мирабилита в садочном бассейне, который определяется маркшейдерами после сброса обеднённой рапы.

Однако, находясь в рамках правового поля, можно было определить, как полезное ископаемое и рапу, соответствующим образом оформить технический проект и разработать стандарт на содержащую сульфат натрия рапу. Так как мирабилит в садочном бассейне получен путём обогащения рапы криотермическим методом (то есть обогащением в осадочном бассейне при изменении термических условий), то при этом подходе он будет первой стадией обогащения в ряду технологического процесса получения основной продукции предприятия – сульфата натрия. При таком подходе оценка объёма, добытого полезного ископаемого должна проводится по объёму и содержанию солей в рапе, которая закачивается в садочный бассейн (с учётом солей, возвращаемых в Кучукское озеро с маточными растворами).

Выводы. Озёрные месторождения солей, формирующиеся по механизму эвапоритовых барьеров в бессточных условиях, являются достаточно специфичными объектами, обладающими уникальной спецификой. На Кучукском месторождении учёт физико-химических свойств сульфата натрия позволил разработать технологию добычи геотехнологическим способом, при котором добыча полезного ископаемого проходит с минимальным воздействием на окружающую среду. Данный способ позволяет, в соответствии с существующим спросом на сульфат натрия, без ущерба для месторождения изменять объём добычи основного полезного ископаемого. Рост добычи может быть достигнут путём увеличения объёма изъятой рапы, снижение – путём перехода с двухлетнего цикла закачки на трёх- или даже четырёхлетний цикл.

Динамический характер процессов перераспределения солей между рапой и донными отложениями при проведении оценки запасов не позволяет провести обоснованные оценки и вызывает неопределённости при списании запасов. В существующей нормативной базе нет понятий динамического перехода запасов между категориями и восстановления запасов одной категории за счёт другой.

Существующая нормативная база для горнодобывающих предприятий при разработке месторождений озёрных солей имеет ряд ограничений, вызывающих неоднозначность толкований. В частности, при добыче с последующей переработкой сырья границу между добычей полезного ископаемого и его дальнейшей переработкой недропользователь может определить по своему усмотрению, что привносит субъективность и может приводить к потенциальным рискам при дальнейшем налогообложении.

Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН (№ 122041400237–8) и НИР ГЗ проект FEWZ-2020–0007 Тюменского государственного университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамович Д. И.* Воды Кулундинской степи. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1960. – 214 с.

2. *Анощенко Ю. С., Дзекунов В. П., Кудабеков Д. М., Уразалин А. К.* Твердые отложения и рапа соляных озер как перспективное сырьё для получения сульфата натрия // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2011. – № 4 (64). – С. 20–23.
3. *Антонова И. С., Березин М. А., Ванифатьев А. Н.* и др. Производство сульфата натрия из рассолов озера Кучук : [Монография] / Под ред. Е. Е. Фроловского; ОАО «Кучуксульфат». – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 440 с.
4. *Багринцева В. В.* Исследование водно-солевого баланса озера Кучук – сырьевой базы производства сульфата натрия : специальность 05.17.01 «Технология неорганических веществ» : дис. на соискание учён. степ. кандидата технических наук / Валентина Викторовна Багринцева. – СПб. : С.-Петерб. гос. технол. ин-т, 2007. – 203 с.
5. *Березин М. А.* Изменение морфологических характеристик котловины озера Кучук // Горный журнал. – 2016. – № 4. – С. 40–43.
6. *Зацепин В. В., Россошанская Е. С.* Исследование процесса плавления мирабилита в рапе озера Кучук // Ползуновский вестник. – 2008. – № 3. – С. 197–199.
7. *Кунц А. Ф., Терентьев А. В.* Процессы преобразования карбонатных пород при термических и гидротермальных воздействиях // Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО РАН. – 2001. – Вып. 107. – С. 166–192.
8. *Научно-прикладной* справочник по климату СССР : многолетние данные. Томская, Новосибирская, Кемеровская область, Алтайский край. – Серия 3, Выпуск 20. – Л. [СПб.] : Гидрометеоиздат, 1993. – 358 с.
9. *Фроловский Е. Е., Багринцева В. В.* Оценка запасов гидроминерального сырья озера Кучук // Горный журнал. – 2007. – № 8. – С. 62–67.
10. *Фроловский Е. Е., Багринцева В. В., Хорева Н. Н.* Изменение параметров месторождения сульфата натрия на озере Кучук при его долговременной экс-плуатации // Горный журнал. – 2007. – № 8. – С. 54–62.
11. *Письмо* ФНС России от 06.07.2022 № БВ-4-7/8529 «О направлении Обзора правовых позиций, отраженных в судебных актах Конституционного Суда Российской Федерации и Верховного Суда Российской Федерации, принятых в первом квартале 2022 года по вопросам налогообложения» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_422699/ Дата обращения 20.04.2023
12. *Производственное* объединение «Гарабогазсульфат» // Государственный концерн «Туркменхимия» [Электронный ресурс]. – URL: https://turkmenhimiya.gov.tm/factory/proizvodstvennoe-obedinenie-garabogazsulfat. Дата обращения 04.05.2023.
13. *Сульфат* натрия: обзор мирового производства // Евразийский химический рынок [Электронный ресурс]. – URL: https://chemmarket.info/ru/home/article/1383/ Дата обращения 04.05.2023.
14. *Nafine* лидирует на мировом рынке сульфата натрия // Marketpublishers. Маркетинговые исследования [Электронный ресурс]. – URL: https://marketpublishers.ru/lists/12043/news.html. Дата обращения 10.08.2020.

REFERENCES

1. *Abramovich D. I.* Vody Kulundinskoy stepi [Waters of the Kulunda steppe], Novosibirsk, SO RAN publ., 1960, 214 p.
2. *Anoshchenko Yu. S., Dzekunov V. P., Kudabekov D. M., Urazalin A. K.* Tverdyye otlozheniya i rapa solyanykh ozer kak perspektivnoye syr'yo dlya polucheniya sul'fata natriya [Solid deposits and brine of salt lakes as a promising raw material for obtaining sodium sulfate]. Vestnik KazNU. Seriya khimicheskaya, 2011, No. 4 (64), pp. 20–23.
3. *Antonova I. S., Berezin M. A., Vanifat'yev A. N.* et al. Proizvodstvo sul'fata natriya iz rassolov ozera Kuchuk: Monografiya [Production of sodium sulfate from the brines of Lake Kuchuk: Monograph]. Ed. Ye. Ye. Frolovskiy, St. Petersburg university publ., 2001, 440 p.
4. *Bagrintseva V. V.* Issledovaniye vodno-solevogo balansa ozera Kuchuk – syr'yevoy bazy proizvodstva sul'fata natriya [Study of the water-salt balance of Lake Kuchuk – the raw material base for the production of sodium sulfate]. St. Petersburg, St. Petersburg. State Technological Institute publ., 2007, 203 p.
5. *Berezin M. A.* Izmeneniye morfologicheskikh kharakteristik kotloviny ozera Kuchuk [Changes in the morphological characteristics of the Kuchuk Lake basin]. Gornyy zhurnal, 2016, No. 4, pp. 40–43.
6. *Zatsepin V. V., Rossoshanskaya Ye. S.* Issledovaniye protsessa plavleniya mirabilita v rape ozera Kuchuk [Study of the melting process of mirabilite in the brine of Lake Kuchuk]. Polzunovskiy vestnik, 2008, No. 3, pp. 197–199.
7. *Kunts A. F., Terent'yev A. B.* Protsessy preobrazovaniya karbonatnykh porod pri termicheskikh i gidrotermal'nykh vozdeystviyakh [Processes of transformation of carbonate rocks under thermal and hydrothermal impacts] Tr. In-ta geologii Komi nauch. tsentra UrO RAN, 2001, Is. 107, pp. 166–192.
8. *Nauchno*-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR : mnogoletniye dannyye. Tomskaya, Novosibirskaya,

Kemerovskaya oblast', Altayskiy kray [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR: long-term data. Tomsk, Novosibirsk, Kemerovo region, Altai Territory]. Ser. 3, Is. 20, L. [SPb.] : Gidrometeoizdat, 1993, 358 p.

9. *Frolovskiy Ye. Ye., Bagrintseva V. V.* Otsenka zapasov gidromineral'nogo syr'ya ozera Kuchuk [Estimation of reserves of hydromineral raw materials of Lake Kuchuk]. Gornyy zhurnal, 2007, No. 8, pp. 62–67.
10. *Frolovskiy Ye. Ye., Bagrintseva V. V., Khoreva N. N.* Izmeneniye parametrov mestorozhdeniya sul'fata natriya na ozere Kuchuk pri yego dolgovremennoy ekspluatatsii [Changes in the parameters of the sodium sulfate deposit on Lake Kuchuk during its long-term operation]. Gornyy zhurnal, 2007, No. 8, pp. 54–62.
11. *Letter* of the Federal Tax Service of Russia dated 06.07.2022 No. BV-4-7/8529 "On the submission of the Review of legal positions reflected in judicial acts of the Constitutional Court of the Russian Federation and the Supreme Court of the Russian Federation adopted in the first quarter of 2022 on taxation issues", available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_422699/ (20.04.2023)
12. *Production* association "Garabogazsulfat", available at: https://turkmenhimiya.gov.tm/factory/proizvodstvennoe-obedinenie-garabogazsulfat. (04.05.2023)
13. *Sodium* sulfate: a review of world production, available at: https://chemmarket.info/ru/home/article/1383/ (04.05.2023)
14. *Nafine* leads the global sodium sulfate market, available at: https://marketpublishers.ru/lists/12043/news.html (10.08.2020)

Статья поступила в редакцию 31.05.23; одобрена после рецензирования 21.06.23; принята к публикации 23.06.23.
The article was submitted 31.05.23; approved after reviewing 21.06.23; accepted for publication 23.06.23.

Журнал «Отечественная геология» принимает участие в геологических конференциях, совещаниях, съездах в качестве информационного партнёра, освещая на своих страницах важные события отрасли.

Приглашаем к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов по вопросам размещения рекламы или издания целевого номера.