

**Методические рекомендации по применению Классификации запасов  
месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (озерных  
солей)**

**I. Общие сведения**

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (озерных солей) (далее – Методические рекомендации) разработаны в соответствии с Положением о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. № 370 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 31, ст.3260; 2004, № 32, ст. 3347, 2005, № 52 (Зч.), ст. 5759; 2006, № 52 (Зч.), ст. 5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 26, ст. 2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 № 40, и содержат рекомендации по применению классификации запасов к месторождениям озерных солей.

2. Методические рекомендации направлены на оказание практической помощи Федеральному агентству по недропользованию и его территориальным органам и органам, находящимся в ведении Федерального агентства по недропользованию.

3. Минеральные соли – природные легко растворимые в воде соединения, образуемые щелочными (натрий и калий) и щелочно-земельными (магний и кальций) металлами с соляной кислотой – хлористые соли или хлориды ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ), с серной кислотой – сульфатные соли или сульфаты ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Mg}_2\text{SO}_4$ , с угольной кислотой – карбонатные соли или карбонаты ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и бикарбонаты ( $\text{Na}_2\text{HCO}_3$ ).

4. По солевому составу среди минерализованных вод и рассолов озер, а также твердых образований (соляных и солесодержащих пород) выделяются содовый, сульфатный, сульфатно-хлоридный и хлоридные типы. Каждому из них присущи характерные (типологические) солевые и минеральные компоненты, отражающие в целом гидрохимическую (вещественно-генетическую) природу и промышленную значимость того или иного типа (табл. 1).

Таблица 1

## Гидрохимические типы вод и рассолов

Группа	Соль	Тип			
		Содовый	Сульфатный	Сульфатно-хлоридный	Хлоридный
Карбонаты	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	+++			
	$\text{NaHCO}_3$	+++			
	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$	+	+	+	?
	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	+	+	+	+
Сульфаты	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	++	++	?	
	$\text{K}_2\text{SO}_4$	?	++	++	
	$\text{MgSO}_4$		+++	+++	
	$\text{CaSO}_4$		+	+	?
Хлориды	$\text{NaCl}$	+	+	+	+
	$\text{KCl}$	+	+	+	+
	$\text{MgCl}_2$		?	+++	++
	$\text{CaCl}_2$				+++
рН		6,5–11,5	6–9	6–9	?
Характерные микроэлементы		B, Li	B, Li, Br	B, Br	I, Br
Примечание. соли: +++ – типопределяющие, ++ – переходные, + – сквозные					

В содовых водах и рассолах – это карбонаты и бикарбонаты натрия, входящие в состав соответствующих минеральных ассоциаций (в основном натрон, трона, нахколит, и др.), слагающих содовые и содоносные отложения. В сульфатном типе жидких и твердых галогенных образований характерные компоненты представлены сульфатами натрия, отлагающимися в виде мирабилита и тенардита, часто совместно с сульфатами магния (эпсомит, астраханит) и кальция (глауберит), иногда калия (полигалит, лангбейнит), в сульфатно-хлоридном типе – сульфатами магния (эпсомит, кизерит, лангбейнит, полигалит, каинит) и хлоридами магния (карналлит, бишофит), в хлоридном – хлоридами кальция (тахгидрит) и магния (карналлит, бишофит). В рассолах и минеральных ассоциациях двух последних типов в значительных количествах может быть представлен хлористый калий (сильвин, карналлит, каинит), что предопределяет их общую высокую калиеносность.

Во всех типах рассолов и твердых галогенных образований (в виде галита) широко развит хлористый натрий, составляющий их вещественно-солевую основу (табл. 2 и 3).

Минерально-промышленные ассоциации характеризуют вещественный (химический, солевой, минеральный) состав, предопределяют природные и технологические типы (сорты) отложений солей, возможные пути их освоения на основе традиционных и альтернативных методов добычи и переработки.

5. К озерным месторождениям солей относятся соляные озера, которые по своим

размерам, величине запасов рапы (рассола) и донных соляных отложений, содержанию и составу заключенных в них минеральных солей, а также по стабильности режима и источников питания представляют интерес для промышленного освоения.

6. По фазовому состоянию солей различаются рапные, «сухие» и подпесочные озера. Рапное озеро характеризуется наличием поверхностной рапы в озере в течение всего года. «Сухое» озеро сохраняет поверхностную рапу только во влажный период года. Подпесочное озеро не имеет поверхностной рапы; обычно над соляными отложениями залегает слой песчаных или других наносов.

7. Рапа соляных озер подразделяется на поверхностную и донную. Поверхностная рапа покрывает твердые донные осадки, а донная рапа пропитывает их.

Поверхностная рапа характеризуется значительными сезонными колебаниями объема, концентрации и солевого состава.

Донная рапа подразделяется на межкристальную (заполняющую поры и пустоты в пластах солей) и иловую (пропитывающую наслоения ила). Донная рапа отличается от поверхностной большей насыщенностью солями, а также большим постоянством концентрации и температурного режима.

8. Донные соляные отложения залегают в виде пласто- и линзообразных тел, разделенных илами, глинами и песками. Их суммарная мощность колеблется в широких пределах – от долей метра до их десятков, особенно в озерах, генетически связанных с соляными куполами.

9. Соли донных отложений разделяются на ново-, старосадку и корневую соль.

Новосадка – это соль, которая выкристаллизовалась из поверхностной рапы и осадилась на дно озера в течение одного сезона (или годового цикла). В этом же цикле она может перейти обратно в раствор. Ее мощность обычно измеряется несколькими сантиметрами, реже десятками. Если новосадка частично или полностью остается нерастворенной в течение ряда лет, то на дне озера накапливается слой соли, который называется старосадкой. Мощность его достигает 0,75 м, а иногда и больше. Корневая соль образуется за счет перекристаллизации отложений старосадки или путем прямого осаждения из рапы. Она может быть представлена несколькими пластами различных солей (галита, мирабилита, астраханита, эпсомита, тенардита). Суммарная мощность корневой соли колеблется от долей метра до 7 м, а в озерах, связанных с соляными куполами, достигает 80 м. Для корневой соли характерно наличие полнокристаллических форм кристаллов.

10. Месторождения солей современных озерных и лагунных бассейнов разделяются на рапные, корневые и погребенные.

Рапные озера содержат запасы солей в поверхностной и донной рапе (рассолах), иногда в сезонно выпадающих и растворяющихся новосадке, реже старосадке. Поверхностная рапа покрывает, а донная пропитывает озерные осадки: иловая – песчано-глинистые и глинистые, а межкристальная – соляные.

Рапные озера, изменения гидрохимического режима поверхностной рапы (объема, концентрации и состава) которых в многолетнем периоде не меняют ее физико-химических и технологических свойств и не требуют перестройки процессов добычи и переработки солей, относятся к стабильным. Нестабильными являются

озера, многолетние изменения гидрохимического режима рапы которых обуславливают необходимость совершенствования технологии ее промышленного использования для поддержания технико-экономических показателей солепредприятия, а при сохранении технологии – к пересмотру сортности или периодическому прекращению выпуска товарной продукции.

Примерами стабильных рапных озер могут служить сульфатно-хлоридные озера Большое Яровое (Россия), Сасык-Сивашское (Украина), сульфатное – Большое Соленое (США), хлоридное – Мертвое море (Израиль, Иордания), содовое – Чад (Республика Чад), а нестабильных – сульфатно-хлоридные озера: Эбейты (Россия) и Сивашское (Украина).

Таблица 2

## Состав минерализованных вод и рапы (рассолов) различных гидрохимических типов

Воды/рапа рассолы	Плотность г/см <sup>3</sup>	Солевой состав, % масс							
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaSO <sub>4</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Содового типа									
Рапа оз.Сирлс (США)		4,8	6,8	–	–	–	–	5,0	16,0
Рапа оз.Танатар I (Россия)	1,113	7,60	1,55	NaHCO <sub>3</sub> 0,83	–	–	–	–	3,92
Рапа оз.Петухово (Россия)	1,332	0,08	0,89	0,23	–	–	–	–	0,96
Сульфатного типа									
Рапа оз.Малиновое (Россия)	0,219	–	8,06	0,01	1,68	–	–	–	22,42
Рапа оз. Кулундинское (Россия)	1,044	–	0,29	–	1,13	–	–	–	4,01
Рапа оз.Кучукское (Россия)	0,216	–	0,45	–	6,63	–	–	–	22,12
Сульфатно-хлоридного типа									
Мировой океан	1,025	–	–	0,13	0,23	0,32	–	0,07	2,7
Каспийское море	1,010	–	–	0,07	0,24	0,05	–	0,01	0,63
Кара-Богаз-Гол (Туркменистан)									
поверхностная рапа:									
зимой	1,205	–	–	0,06	4,26	8,09	–	0,78	11,38
летом	1,228	–	–	0,06	7,35	4,62	–	0,75	14,41
Межкристалльные рассолы	1,217	–	–	0,07	8,26	4,45	–	0,61	16,06

[illegible]

Таблица 3

**Состав и свойства важнейших минералов озерных месторождений солей**

Минерал	Химическая формула	Содержание основных компонентов, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердость по шкале Мооса	Гигроскопичность
1	2	3	4	5	6
Хлориды					
Галит	NaCl	Na – 39,4; Cl – 60,6	2,1 2,2	2	Почти не гигроскопичен
Гидрогалит	NaCl x 2H <sub>2</sub> O	Na – 24,09; Cl – 37,14; H <sub>2</sub> O – 38,77	1,6	1,5–2	Распадается на галит и воду при +0,15 °C и выше.
Бишофит	MgCl <sub>2</sub> x 6H <sub>2</sub> O	Mg – 11,96; Cl – 34,87; H <sub>2</sub> O – 53,17	1,59–1,60	1,5–2	Весьма гигроскопичен, расплывается
Сильвин	KCl	K – 51,7; Cl – 48,2	1,97–1,99	1,5–2	Почти не гигроскопичен
Карналлит	KCl x MgCl <sub>2</sub> x 6H <sub>2</sub> O	K – 14,1; Mg – 8,7 Cl – 38,8; H <sub>2</sub> O – 38,9	1,6	1,5–2,5	Весьма гигроскопичен
Хлоридо-сульфаты					
Каинит	KCl • MgSO <sub>4</sub> • 3H <sub>2</sub> O	K – 15,7; Mg – 9,8; Cl – 14,2; SO <sub>4</sub> – 38,6; H <sub>2</sub> O – 21,7	2,13	2,5–3	Не гигроскопичен
Сульфаты					
Мирабилит	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> –x10H <sub>2</sub> O	Na – 14,3; SO <sub>4</sub> – 29,8; H <sub>2</sub> O – 55,9	1,5–2	1,48	В сухом воздухе выветривается и рассыпается в порошок (тенардит)
Тенардит	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na – 32,4; SO <sub>4</sub> – 67,6	2–3	2,7	Покрывается легким налетом мирабилита
Астраханит	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> –MgSO <sub>4</sub> x 4H <sub>2</sub> O	Na – 13,8; Mg – 7,3; SO <sub>4</sub> – 57,4; H <sub>2</sub> O – 1,5	3	2,2–2,3	На влажном воздухе покрывается белым налетом

1	2	3	4	5	6
Эпсомит	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	Mg – 9,9; $\text{SO}_4$ – 39,0; $\text{H}_2\text{O}$ – 51,1	2–2,5	1,68	В сухом воздухе покрывается легким белым налетом
Глауберит	$\text{Na}_2\text{SO}$ х $\text{CaSO}_4$	Ca – 14,4; Na – 16,5; $\text{SO}_4$ – 69,1	2,5–3	2,8	Не гигроскопичен
Гипс	$\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Ca – 23,3; $\text{SO}_4$ – 55,8; $\text{H}_2\text{O}$ – 20,9	2,3	1,5	–
Ангидрит	$\text{CaSO}_4$	Ca – 29,4; $\text{SO}_4$ – 70,6	2,8–3,0	3–3,5	–
Карбонаты					
Природная сода (натрон)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$ – 21,6; $\text{CO}_2$ – 15,4; $\text{H}_2\text{O}$ – 63,0 $\text{H}_2\text{O}$ – 14,5	1,42–1,47	1–1,5	На воздухе выветривается и рассыпается в порошок (термонатрит)
Термонатрит	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$	Na – 37,1; $\text{CO}_3$ – 48,4	1,55	1–1,5	Не гигроскопичен
Трона	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \times \text{NHCO}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$	Na – 30,5; $\text{CO}_3$ – 26,7; $\text{HCO}_3$ – 27,1; $\text{H}_2\text{O}$ – 16,1	2,15	2,5–3	
Беркеит	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 2 \text{Na}_2\text{SO}_4$	Na – 35,4; $\text{CO}_3$ – 15,4; $\text{SO}_4$ – 49,2	2,57	3,5	



Корневые озера имеют запасы солей в поверхностной и донной рапе, а также в корневой залежи самосадочной соли, периодически перекрываемой старосадкой и новосадкой. По изменчивости режима жидкой фазы они аналогичны рапным озерам.

При крайне нестабильном состоянии поверхностная рапа может полностью испариться с переходом озер в «сухую» стадию.

Корневая соль образуется благодаря накоплению, сохранению и перекристаллизации (вплоть до полнокристаллических форм) солей старосадки. По составу корневые залежи соответствуют гидрохимическому типу рапы и физико-химическим процессам осаждения солей. Преобладание изотермической кристаллизации (за счет испарения рапы) ведет первоначально к садке хлористого натрия (галита) во всех типах озер, а затем астраханита (в сульфатных и сульфатно-хлоридных), троны, буркеита и других солей (в содовых) отдельно или совместно с галитом. Политермические процессы (за счет сезонных изменений температуры), более характерны для кристаллизации сульфатно-натриевых (мирабилита) и карбонатно-натриевых (натрона) солей. В этих случаях устойчивое накопление типопределяющих солей возможно до начала стабильной садки галита.

По условиям залегания и строению корневые залежи могут быть пластовыми, пластово-линзовидными и линзовидными с массивной (выдержанной или невыдержанной по мощности и качеству), реже рассеянной в песчано-илистых отложениях, соляной минерализацией того или иного состава. Мощности залежей варьируют от долей до первых, реже первых десятков метров, а площади развития от первых единиц и десятков до сотен квадратных километров.

Крупные корневые залежи поваренной соли приурочены к оз.Баскунчак (Россия), Джаксы-Клыч, Б.Калкаман (Казахстан), мирабилита-стеклеца к оз.Кучукское (Россия), троны к оз.Магади (Кения), калийно-магниевых солей к озерам Цайдамской впадины (Китай).

В погребенных месторождениях запасы солей находятся в межкристальной рапе (рассолах) погребенных соляных горизонтов, постоянно перекрытых соляно-илистыми и соляными (корневая залежь) отложениями с донной (иловой и межкристальной) рапой, выше которых периодически может находиться старосадка, новосадка и поверхностная рапа. Наибольшее промышленное значение в них имеют погребенные межкристальные рассолы, обладающие крупными и наиболее стабильными по составу запасами солей за счет постоянного взаимодействия между рассолами и соляными отложениями. Известные примеры таких месторождений – погребенные сульфатно-хлоридные рассолы залива Кара-Богаз-Гол (Туркмения) и содовые рассолы озера Сирлс (США).

11. Минеральные соли относятся к агро- и горнохимическому сырью. Добыча и потребление солей и их производных соединений в развитых странах неуклонно возрастают. Они являются важнейшими объектами мирового и федерального рынков. По товарной значимости выделяются натриевые, калийные, магниевые (в меньшей степени, кальциевые) соли и их производные продукты.

12. Среди натриевых солей первое место занимает хлористый натрий или поваренная соль. Она употребляется в качестве пищевой, кормовой и технической соли. Первые две являются жизненно необходимыми добавками и консервантами для продуктов питания и животноводческих кормов. На эти нужды и медицинские цели

направляется 30–40 % поваренной соли. Качество пищевой соли регламентируется ГОСТ 13830–91 с выделением сортов: экстра, высший, первый и второй, содержащих хлористый натрий не менее 97 %. Для столовых целей употребляются мелкозернистые разности высших сортов, для засолки и консервирования предпочтительнее соль среднего и крупного помолов. Соль, употребляемая в животноводстве для кормовых целей, должна соответствовать требованиям ОСТ 18-87–77.

13. Поваренная соль в зависимости от способа получения делится на самосадочную, образовавшуюся в природных условиях, и садочную (бассейную), осажденную искусственным путем из рапы в специальных бассейнах. При добыче самосадочной и садочной соли на крупных месторождениях применяются солекомбайны, камнерезные машины и другие механизмы.

Мощность залежей солей при механической разработке должна быть не менее 0,25 м. При ручном способе добычи (на небольших промыслах) могут разрабатываться слои соли мощностью в несколько сантиметров.

Добытая поваренная соль очищается от вредных примесей путем промывки. Хорошие результаты достигаются промывкой заиленной соли рапой в процессе ее добычи (в самосадочных озерах).

Поваренная соль может быть получена также методом вымораживания концентрированных рассолов в зимнее время в специальных бассейнах. Для получения соли этим способом концентрация соляных растворов должна быть выше 22 %, а температура находится в пределах от –15 до 21 °С. Этот способ широко применяется в Восточной Сибири и Якутии.

При переработке озерной поваренной соли получают следующие продукты:

мелкокристаллическую выварочную соль (из рапы или рассолов);

молотую соль (самосадочную и садочную) различной крупности (от 0,8 мм до 4,5 мм);

кусковую (глыбы массой от 3 кг до 50 кг), зерновую и дробленую (величина зерен до 40 мм) соль;

солеблоки;

брикетированную соль для нужд животноводства (с микроэлементами и без них).

14. Техническая поваренная соль используется для многотоннажного производства хлора, каустической и кальцинированной соды, а также других многочисленных натрий- и хлорсодержащих продуктов. Кальцинированная сода, получаемая из хлористого натрия и карбоната кальция (известняк, мел) регламентируется ГОСТ 5100–85 с выделением второго, первого и высшего сортов марок А и Б при содержании  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  не менее 97 % на непрокаленное вещество.

Основными потребителями соды являются стекольная (до 50 %), химическая (20–25 %) и нефтеперерабатывающая промышленности, цветная металлургия (для получения глинозема), предприятия по выпуску моющих средств, бумаги, глазурей, эмалей и т.д. Она используется также в медицине и в пищевых целях.

Кальцинированная сода, выпускаемая в США и ряде других стран из природной соды (троны, нахколита, содовых рассолов) отличается высоким качеством, низкой себестоимостью производства, его технологической простотой и экологической надежностью. В России и странах СНГ из-за ограниченности запасов озерной природной соды, она добывается в незначительных количествах.

Синтетический и природный гидрокарбонат натрия (нахколит) обладает способностью нейтрализовать кислоты без вредного действия на животные и растительные ткани и давать слабощелочные водные растворы. Благодаря этому, кроме технических целей, он активно используется в пищевой, фармацевтической и косметической отраслях, при очистке воды, в кормовых добавках, получении мыла и моющих средств и т.д.

15. В соответствии с требованиями ГОСТ 6318–77 сульфат натрия, получаемый из природного сырья (мирабилита, тенардита, глауберита, сульфатных и сульфатно-хлоридных рассолов), разделяется на марки А и Б, содержащие  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  соответственно не менее 97 и 94 %. Наиболее широко они употребляются для получения моющих средств и товаров бытовой химии, стекла, целлюлозы, бесхлорных калийных удобрений, в фармацевтике (натрий сернокислый медицинский или глауберова соль) и т.д.

Сульфаты натрия (в основном мирабилит) в России (оз.Кучук) и Туркмении (Кара-Богаз-Гол) получают из рапы и твердых озерных соляных отложений. Наиболее рациональный способ извлечения мирабилита из рапы – метод бассейнизации. В оз.Кучук запасы сульфата натрия в рапе восстанавливаются за счет растворения корневой залежи мирабилита-стеклеца.

Мирабилит, извлекаемый путем кристаллизации из естественных рассолов, должен отвечать требованиям ГОСТ 20434–75. Требования, предъявляемые промышленностью к качеству безводного сульфата натрия, полученного из природного сырья, регламентируются ГОСТ 6318–77.

Из твердых отложений сульфатных озер добывается также природный тенардит. Его растворяют и очищают от примесей других солей, ила и песка путем искусственной перекристаллизации. Довольно чистый природный тенардит добывался на озерах Джаксы-Клыч. После высушивания в буграх он становился пригодным для промышленного использования.

16. Калийные и калийно-магниевые соли. Калий и магний играют важную роль в развитии живых и растительных организмов. Совместно с фосфором и азотом они являются важнейшими элементами питания растений и повышения их биологической продуктивности. Агрохимической промышленностью выпускаются как простые, так и концентрированные калийные и калийно-магниевые удобрения. Технические условия на хлористый калий регламентируется ГОСТ 4568–83. В качестве дефицитных сульфатных калийных и калийно-магниевых удобрений используются калий сернокислый, калимагнезия и другие.

Среди калийных соединений вырабатываются: каустический (едкий) калий, поташ (карбонат калия), калиевая селитра, бромистый и иодистый калий и т.д. Сплавы калия с натрием (калия 40–90 %) жидкие при комнатной температуре, используют как теплоноситель в ядерных реакторах, надперикись калия ( $\text{K}_2\text{O}_4$ ) служит источником кислорода в регенерационных установках, применяется для восстановления титана из его хлористых расплавов.

В России и странах СНГ калийные соли из озерных месторождений не добываются.

17. Собственно магниевые соли и их продукты находят применение в металлургии (каустический магнезит как огнеупор), в химической,

электротехнической, строительной (цемент Сореля), в кожевенной и резиновой промышленности, в литографии, фотографии (например, во вспышках), медицине и т.д. Качество обогащенного карналлита ( $MgCl_2$  не менее 31,8 %) регламентируется ГОСТ 16109–70, а бишофита – ГОСТ 7759–73. Хлористый магний используется в производстве дефолианта, синтетических моющих средств, искусственных цеолитов, магниевой органики и т.д. Хлормagneвые рассолы применяют для пыле- и морозозащиты дорог и горных выработок, в качестве присадки к сернистым мазутам, для затвердевания цементов, приготовления буровых растворов и формовочных смесей, белково-витаминных концентратов и в лечебных целях. Сульфат магния (эпсомит) используется в основном в сельском хозяйстве, легкой промышленности и черной металлургии. Металлический магний применяется в авиационной и автомобильной промышленности в виде легких и легированных сплавов с алюминием, в качестве раскислителя высокопрочного чугуна и стали, восстановителя при получении титана, ванадия, циркона, урана и других металлов.

В соляных озерах сульфаты натрия содержатся в рапе, а также встречаются в виде пластов и линз астраханита и эпсомита, нередко в комплексе с другими солями, а хлориды магния преимущественно в рассолах и рапе.

В настоящее время сульфаты магния добываются главным образом из погребенных рассолов (межкристалльной рапы залива Кара-Богаз-Гол).

18. При переработке рапы и твердых солей озерных месторождений могут попутно извлекаться бор, бром и литий. Бор преимущественно встречается в солях озер карбонатного, реже сульфатного типа; бром – озер сульфатного и хлоридного типов; литий – озер карбонатного и хлоридного, реже сульфатного типа. В последние годы в США возросла добыча лития из межкристалльной рапы содового оз. Сирлс и рапы других соляных озер. Это связано с разработкой новой технологии получения алюминия, предусматривающей использование литиевых препаратов, значительно повышающих производительность процесса и снижающих затраты.

19. На природные соли, содержащиеся в рапе или донных отложениях озерных месторождений, требования приведенных выше стандартов или технических условий не распространяются. Промышленная оценка рапы и донных отложений производится на основе кондиций, разработанных для каждого озерного месторождения, которые учитывают особенности добычи и переработки солей и соответствие получаемой продукции требованиям стандартов или технических условий.

20. Исходя из геологоразведочной и галургической практики России, стран СНГ и дальнего зарубежья среди месторождений солей по количеству запасов основных полезных компонентов следует выделять весьма крупные, крупные, средние и мелкие, а по их содержанию в тех или иных природных типах (видах) солей на бедные, рядовые и богатые.

При содержании полезных компонентов выше максимальных значений для богатых типов (видов, сортов) солей их конкретные месторождения следует относить к уникальным.

Промышленная ценность и технологические свойства соляных вод и рассолов (рапы), а также донных отложений солей озерных месторождений определяются их составом (гидрохимическим типом) и содержанием полезных и сопутствующих компонентов.

Для поверхностной рапы содового типа Михайловского (озера Танатар) и Петуховского месторождений кондиционные концентрации карбоната натрия предусматривались не менее 0,5 % (5–6 г/л) при отношении к общей сумме солей не менее 0,3.

На Кучукском месторождении для сульфатно-хлоридной поверхностной рапы кондиционные содержания полезных компонентов должны составлять не менее (%): сульфат натрия – 4,7; хлорид натрия – 12,7; хлорид магния – 3,6 и бром – 0,027.

Для погребенных рассолов сульфатно-хлоридного типа залива Кора-Богаз-Гол средний выход десятиводного сульфата натрия (мирабилита) определяется в  $105 \text{ кг/м}^3$ , при средних величинах по отдельным скважинам  $55\text{--}150 \text{ кг/м}^3$ , в летний период до  $250 \text{ кг/м}^3$ .

Бортовое содержание карбоната натрия в донных песках озер Танатар, сцементированных природной содой (натроном), при карьерном способе добычи принималось в 5 %, а при фильтрационном выщелачивании – 3 %. Фактическое содержание карбоната натрия в кондиционных песках составляло в среднем 7,1–7,3 %, при содержании сульфатов и хлоридов натрия не более 0,8–0,9 %.

На месторождениях мирабилита с балансовыми запасами содержания сульфата натрия варьируют от 17,9 % в мирабилитсодержащих илах оз.Эбейты (Омская обл.) до 51 % в озере Кара-Чаган (Казахстан), а в тенардитовых залежах от 69,6 % в оз.Большой Аж-Булат до 93,0 % в оз. Тениз (Казахстан).

В уникальной по запасам и качеству корневой залежи мирабилита Кучукского месторождения (мощность до 5 м, площадь более  $150 \text{ км}^2$ ), сложенной мирабилитом-стеклецом (десятиводного сульфата натрия более 75 %, ила не более 10 %), мирабилитом

с илом (соответственно 50–75 % и более 10 %) и илами с мирабилитом и гипсом (ила более 50 %), среднее содержание сульфата натрия в кондиционном мирабилите-стеклеце 41,92 %, хлористого натрия – 2 %, гипса – 0,5 %, нерастворимого остатка – 3,2 %. Корневая залежь является стабильным источником восполнения запасов сульфата натрия в поверхностной рапе озера, эксплуатируемой более 35 лет.

Самосадочная поваренная соль по физико-механическим свойствам подразделяется на чугунок – плотный мелкозернистый агрегат массивной или тонкослоистой текстуры (сопротивление сжатию до  $400\text{--}500 \text{ кг/см}^2$ ), гранатку – сыпучую массу из несцементированных кристаллов галита средней и крупной размерности и каратуз (черную соль) в виде полусвязанной крупно- и среднезернистой массы с межкристалльными и межзерновыми пустотами, заполненными илом.

В естественном виде озерные отложения галита не отвечают требованиям пищевой и технической соли, но они легко обогащаются. На Баскунчакском месторождении при среднем содержании хлористого натрия около 95 % после промывки рапой в процессе добычи солекомбайном получают пищевую соль высшего сорта и кондиционную техническую соль. На Бурлинском солепромысле из новосадки и старосадки с 86 % и каратуза с 77 % хлористого натрия при добыче соли комбайнами, промывки ее на берегу и вылеживании в буграх содержание полезного компонента повышается до 98–99 %, а содержание вредных примесей удовлетворяет требованиям пищевой соли 2-го сорта.

Бассейновые способы добычи соли в естественных (самосадочных) и искусственных (садочных) бассейнах, является относительно простыми и экономически выгодными. Они основаны на максимальном использовании климатических факторов и физико-химических свойств соляных вод и рассолов, позволяющих, благодаря изменению их концентрации и температуры, осуществлять целенаправленные фазовые преобразования солей с отложением и последующей добычей их в садочных бассейнах. Этим способом отрабатываются озерные месторождения всех гидрохимических типов. Для интенсификации садки солей физико-химические процессы могут осуществляться стадийно: вначале в подготовительных (промежуточных) бассейнах, затем в конечных – садочных. Добыча солей в последних ведется экскаваторами или солекомбайнами, реже вручную. Сочетание различных процессов кристаллизации солей в бассейнах в комбинации с заводскими методами их переработки в товарные продукты позволяет осуществлять как селективную, так и комплексную переработку рассолов и донных отложений солей с извлечением из них всех макрокомпонентов и сопутствующих элементов (брома, бора, лития и других). Классическими примерами бассейновых способов добычи является получение сульфатов натрия из рапы Кучукского озера и погребенных рассолов залива Кара-Богаз-Гол (совместно с магниевыми солями и бромом), сульфатов калия, натрия, поваренной соли и других компонентов из рапы Большого Соленого озера, хлоридов калия и магния, а также брома из рассолов Мертвого моря и т.д.

Для повышения эффективности бассейновой добычи солей производят регулирование гидрогеологических и гидрохимических режимов озер и всей системы бассейнов на основе оперативных и долгосрочных прогнозов. Основным недостатком садочных бассейнов является ветровой вынос солей из них, а также загрязнение солей золовыми осадками.

## **II. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки**

21. По сложности геологического строения месторождения (или крупные участки) озерных солей соответствуют 1- и 2-й группам Классификации запасов месторождений и

прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40. Специфическая особенность озерных месторождений, определяющая их разделение по группам, заключается в постоянстве или изменчивости в многолетнем периоде состава и запасов солей, находящихся в твердой и жидкой фазах.

По результатам и форме залежей, изменчивости их мощности, внутреннего строения и качества полезного ископаемого месторождения (или крупные участки) озерных солей соответствуют 1- и 2-ой группам Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта

1997г. № 40.

К 1-й группе относятся месторождения:

содержащие соли главным образом в поверхностной рапе, состав и концентрация которой более или менее постоянны в течение многолетнего периода (Кулундинское, Большое Яровое в России, Сасык-Сиваш на Украине, Маралды в Казахстане).

содержащие соли в донных отложениях, мощность, состав и содержание солей в которых выдержаны в пространстве и устойчивы во времени, а также в межкристальной и в поверхностной рапе, состав, концентрация и глубина которой более или менее постоянны в многолетнем периоде (озера Баскунчак в Астраханской обл., Кучукское в Алтайском крае, Индер в Казахстане, Джаксы-Клыч в Узбекистане, залежь Кара-Богаз-Гол в Туркмении и др.).

Ко 2-й группе принадлежат месторождения:

содержащие соли главным образом в поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой в многолетнем периоде изменчивы (Сивашское на Украине, Жалаулы и Кызылкак в Казахстане);

содержащие соли в донных отложениях, относительно выдержанных по мощности и составу, а также в межкристальной и поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой в многолетнем периоде резко изменчивы (озера Бурлинское в Алтайском крае, Эбейты в Омской области, Большой Калкаман и Тайкынор в Казахстане и др.). В таких озерах соотношение запасов солей в донных отложениях и поверхностной рапе в многолетнем периоде существенно меняется;

содержащие соли в донных отложениях, имеющих невыдержанную мощность и изменчивый состав, а также в межкристальной и поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой в многолетнем периоде изменчивы (озера Михайловской группы в Алтайском крае, мелкие озера группы Джаксы-Клыч в Казахстане, озеро Куули в Туркмении).

Мощность и состав донных залежей солей значительно изменяются на расстояниях нескольких метров. В них часто встречаются промоины «окна», заполненные илом или рапой. В ряде таких озер поверхностная рапа может отсутствовать.

Озерные месторождения, соответствующие 3- и 4-й группам Классификации, весьма многочисленны, но по размерам они мелкие и относятся к объектам местного значения.

22. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается исходя из степени сложности основных залежей солей, заключающих не менее 70 % общих запасов месторождения.

23. При отнесении месторождений (участков) к той или иной группе сложности геологического строения целесообразно учитывать количественные показатели изменчивости основных параметров и свойств соляных залежей: коэффициенты вариации их мощностей и содержаний полезных компонентов, показатели сложности строения соляных тел, изменчивости физических и физико-механических свойств солей и другие качественные и количественные характеристики.

### **III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава солей**

24. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу пляжной или соровой полосы, а также полосы коренного берега шириной от 100 м на небольших до 1000 м на крупных озерах. Топографические карты обычно составляются в масштабах 1:2000– 1:5000, но с более детальным сечением горизонталей, чем принято для карт этих масштабов.

Все пройденные по донным отложениям выработки (скважины, дудки, шурфы), пункты замера мощности поверхностной рапы и отбора проб, а также профили детальных геофизических наблюдений должны быть инструментально привязаны.

25. По району месторождения составляется геологическая, гидрогеологическая и геоморфологическая карты в масштабе 1:25 000–1:200 000, отвечающие требованиям инструкций к картам этого масштаба, а также представляются графические материалы, обосновывающие комплексную оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых района, включая подземные воды и рассолы. Графические материалы должны охватывать прилегающую к озеру зону с питающими его водными артериями (желательно до водораздела). Геологические, геоморфологические, гидрогеологические и гидрологические материалы по району должны давать четкое представление о геологическом строении района, закономерностях размещения озерных месторождений и солепроявлений, составе и расположении водоносных горизонтов и их фильтрационных свойствах, минерализации связанных с ними вод, связи с озером водоносных горизонтов и их роли в питании озера и воздействии на его режим; о рельефе района, его гидрографической сети, условиях питания озера поверхностными водами за счет временных водотоков и стока талых вод и т.п.

Следует закартировать имеющиеся в районе другие соляные озера и дать оценку их промышленного значения.

26. Геологическое строение дна озера, соровой или пляжной полосы, а также коренного берега должно быть детально изучено и отображено на геологической (или геолого-литологической) карте масштаба 1:2000–1:5000; для крупных озер с простым строением соляных залежей масштаб может быть уменьшен до 1:10 000. Геологические разрезы к карте составляются в том же горизонтальном масштабе, что и карта; вертикальный масштаб принимается более крупным (1:50, 1:100–1:200 и т. д. в зависимости от мощности и сложности строения соляных залежей). В необходимых случаях рекомендуется построение блок-диаграмм и моделей месторождений

В соляной толще необходимо выделить, проследить и увязать по всем вскрывшим ее выработкам линзы, пласты и слои солей, характеризующиеся однородным минеральным составом, близкими содержаниями основных компонентов или степенью загрязненности илом и другими примесями, а также несолевые породы (илы и другие).

Геологические материалы должны давать представление о строении соляной толщи, ее связи с вмещающими породами, условиях залегания как всей толщи, так и отдельных пластов и залежей, их морфологии, размерах, внутреннем строении, минеральном составе, закарстованности с детальностью, достаточной для подсчета запасов солей.



В случае, если намечается бассейновый способ добычи солей, следует изучить геологическое строение участков, на которых предполагается расположить садочные бассейны.

27. Разведка месторождений озерных солей осуществляется исходя из их геологических особенностей, а также опыта разведки и эксплуатации аналогичных месторождений.

Методика разведки озерных месторождений обуславливается формой нахождения солей, имеющих промышленное значение: твердые осадки или отложения, межкристальная (иловая) и поверхностная рапа или их комплекс.

28. Донные осадки и отложения, межкристальные и погребенные рассолы разведываются скважинами колонкового бурения. В исключительных случаях на «подпесочных и сухих» озерах допускается проходка шурфов или дудок. Скважины и другие выработки должны пересекать все соляные и соленосные отложения, слои ила и углубляться в подстилающие породы коренного ложа озера. На крупных озерах последние вскрываются только на опорных профилях (не менее одного продольного и одного поперечного) во всех или нескольких скважинах, задаваемых по более редкой сети. В них изучаются «подозерные» и подземные воды и выясняются условия питания ими озера. В случае, если предполагается разрабатывать лишь верхние из выявленных залежей или только верхнюю часть мощной (свыше 10 м) залежи, большую часть скважин следует бурить до намечаемой глубины добычи солей.

При разведке донных залежей со сложной морфологией (линзообразные, с гнездовым распределением солей) и сильно закарстованных (особенно в прибрежных зонах), кроме колонкового, проводится зондировочное бурение (ручное или щупами) для установления границ распространения и ориентировочной мощности соляных отложений между разведочными скважинами, а также для выявления участков и размеров промоин, где соли замещены илом. Плотность зондирования зависит от характера иловой закарстованности и выклинивания соляных отложений. Точки зондирования размещаются по сети в 2–4 раза более густой, чем для разведочных скважин, как по основным профилям, так и между ними.

Зондировочное бурение осуществляется также на рапных озерах с целью проверки наличия или отсутствия донных солей. Одновременно выполняется промер мощности рапы, отбор ее проб и замер температуры.

Разведочное и зондировочное бурение на рапных озерах производится с понтонов или специальных оснований. Привязку точек заложения скважин следует выполнять до начала бурения и проверять при размещении на них буровых установок.

29. Виды разведочных выработок, их расположение и расстояния между ними определяются в каждом отдельном случае с учетом геологических особенностей месторождения: условий залегания, морфологии и размеров соляных залежей, изменчивости их мощности, характера и взаимоотношений отдельных типов солей, наличия зон замещения или закарстованности (иловых воронок) и т.д.

Приведенные в таблице 4 обобщенные данные о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке озерных месторождений солей в странах СНГ, включая данные о расстояниях между точками промера глубин и отбора проб поверхностной рапы, могут использоваться при проектировании геологоразведочных работ, но они не являются обязательными или универсальными. Для каждого

месторождения необходимо обосновывать наиболее рациональную разведочную сеть на основании тщательного анализа всех имеющихся материалов геологоразведочных и эксплуатационных работ этого или аналогичных месторождений.

Таблица 4

**Обобщенные данные о плотности сетей разведочных выработок и точек наблюдений, применявшихся при разведке озерных месторождений солей в странах СНГ**

Группа месторождений	Типы месторождений (по преобладающей форме нахождения солей)	Виды выработок и точек наблюдений	Расстояния (в м) между выработками и точками наблюдений для категорий запасов		
			A	B	C <sub>1</sub>
1-я	Соль содержится главным образом в поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой более или менее постоянны в течение многолетнего периода	Точки промера	200–400	400–800	800–1600
		Точки отбора проб рапы	400–800	800–1600	1600–2400
	Соль находится в донных отложениях, мощность, состав и содержание солей в которых выдержаны в пространстве и устойчивы во времени, а также в межкристальной и поверхностной рапе, состав, глубина и концентрация которой более или менее постоянны в течение многолетнего периода	Скважины или шурфы	100–200	200–400	400–800
		Тючки промера	200–100	400–800	800–1600
2-я	Соль присутствует, в основном, в поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой в течение многолетнего периода изменчивы	Точки промера	–	200–400	400–800
		Точки отбора проб рапы	–	400–00	800–600
	Соль концентрируется в донных отложениях относительно выдержанных по мощности и химическому составу, а также в межкристальной и поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой в течение многолетнего периода резко изменчивы	Скважины или шурфы	–	100–200	200–400
		Точки промера	–	200–400	400–800
		Точки отбора проб рапы	–	400–800	800–1600

Соль фиксируется в донных отложениях, имеющих невыдержанную мощность и изменчивый состав, а также в межкристальной, иногда поверхностной рапе, глубина, состав и концентрация которой в течение многолетнего периода изменчивы	Скважины или шурфы	–	50–100	100–200
	Точки промера	–	100–200	200–400
	Точки отбора проб рапы	–	200–400	400–800
Примечание: На <b>оцененных месторождениях</b> разведочная сеть для категории С <sub>2</sub> по сравнению с сетью для категории С <sub>1</sub> разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.				

Разведка донных отложений рапных озер – трудоемкий и сложный процесс. Поэтому рекомендуется на отдельных участках проводить последовательное сгущение сети скважин с целью определения их минимального числа.

Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Такие участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на этих участках месторождений 1-ой группы должны быть разведаны по категориям А, 2-ой группы – по категориям В.

Участки детализации должны отражать особенности геологического строения месторождения, а также преобладающее качество солей. В тех случаях, когда участки, намеченные для первоочередной разработки, не характерны для всего месторождения, должны быть изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети особенностей его геологического строения, оценка достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом.

На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

30. Технология бурения должна обеспечить выход керна по солям не менее 80 %. Достоверность определения выхода керна по полезному ископаемому необходимо систематически контролировать. Высокий выход керна в галогенных породах достигается при достаточно большом (не менее 80 мм) диаметре бурения и применении специальных колонковых снарядов для отбора керна.

Бурение должно производиться без промывки и подлива рапы в скважины, так как в противном случае правильно определить качество соли невозможно из-за удаления ила, гипса, частичного растворения некоторых солей, размыва керна рыхлых слоев пласта, а также искажения состава межкристальной рапы при ее опробовании. Для получения проб из кавернозно-ячеистых слоев соли возможно применение

желонки. Каждая разведочная скважина по окончании бурения и после производства всех намеченных в ней исследований подлежит ликвидации путем надежного тампонирования. Тампонирование производится различными способами в зависимости от мощности и характера соляных отложений, донных илов, напора воды и т. п. При приготовлении тампонирующих смесей используется раствор солей донных отложений.

31. При разведке озерных месторождений солей целесообразно применять геофизические методы исследования, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач и конкретных геолого-геофизических условий месторождения.

Пласты солей и вмещающие их породы, как правило, достаточно четко отличаются по физическим свойствам – электрическим, плотностным, радиоактивным и др., поэтому наиболее перспективными следует считать наземные электроразведочные методы в сочетании с исследованиями в скважинах (электро-, радио-, термометрическими, акустическими и другими методами каротажа и скважинной геофизики).

Геофизическими методами исследований можно оконтурить соляные залежи, определить их мощность, изучить внутреннее строение, состав и др.

32. Все разведочные и эксплуатационные выработки документируются по типовым формам. Результаты опробования наносятся на первичную документацию и увязываются с геологическим описанием. Документацию выработок и керн целесообразно сопровождать их фотографированием на цветную пленку.

Выделенные пласты соли должны быть прослежены и сопоставлены во всех разведочных выработках. При документации керна положение пластов в разрезе и их мощность следует уточнить по данным каротажа.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность зарисовок и описания соленосной толщи и вмещающих пород, а также соответствие сводных геологических материалов первичной документации систематически контролируется в установленном порядке компетентной комиссией на достаточно представительном объеме материала.

33. Во всех пройденных на месторождении выработках должны быть опробованы как соляные пласты, так и несоляные породы между ними, поверхностная и межкристальная рапа независимо от того, что из них является ведущим полезным ископаемым; следует опробовать также породы, подстилающие полезную толщу. Опробование только твердых солей или только рапы недопустимо, так как это не позволяет получить полноценную характеристику полезной толщи, установить характер и условия перехода солей из одной фазы в другую. Качество опробования следует систематически контролировать путем сопоставления геологической документации с результатами опробования.

При выборе методов и способов опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценки достоверности их результатов, следует руководствоваться соответствующими методическими документами.

Необходимо также опробовать скважины, пробуренные в бассейне питания соляного озера с целью изучения водоносных горизонтов и комплексов, питающих озеро, вести режимные наблюдения – отбирать пробы воды, грунтов, ила, опробовать

воды поверхностного стока (рек, ручьев, оврагов и т. д.).

34. Отбор проб твердых солей производится послойно или секционно (интервалами). Длина секции выбирается с учетом минерального состава пород, степени загрязнения солей, однородности их качества и, как правило, не должна превышать 1 м. Для пластов галита мощностью 10–20 м интервалы опробования могут быть увеличены до 2–3 м. Слои или интервалы сильно загрязненных солей мощностью 20–40 см (а иногда и 10–20 см) целесообразно опробовать отдельно. В скважинах колонкового бурения опробуется керн, в скважинах ручного бурения – материал, извлекаемый желонкой или ложковым буром; в шурфах отбираются бороздовые пробы сечением, зависящим от величины кристаллов и сростков соли (обычно 5×5 см или 5×10 см), задиrkовые (из стенок выработок) или валовые в зависимости от характера анализов и испытаний. Масса валовых проб для технологических испытаний согласовывается с организацией, которая будет проводить эти исследования. Отбор проб из керна производится путем его распиливания или раскалывания вдоль оси, а при его достаточной плотности – высверливанием по оси отверстия с полным сбором образующегося при этом порошка. В жаркое время, (температура воздуха в тени до +35–+40 °С), разделка и описание керна, особенно содержащего минералы с кристаллизационной водой, на открытом воздухе недопустимы.

35. Обработку проб следует производить по схеме, разработанной для каждого месторождения. Величина коэффициента К принимается обычно равной 0,1, а для солей изменчивого состава или при содержании в солях вредных примесей, близком к предельному по требованиям стандартов, технических условий или утверждаемых кондиций она увеличивается до 0,5.

Правильность принятой схемы обработки проб и величина коэффициента К должны быть подтверждены проверенными данными по аналогичным месторождениям или экспериментальными исследованиями.

При обработке проб, содержащих соли, которые при измельчении обезвоживаются, плавятся или разлагаются, должны применяться специальные меры для их сохранения. Пробы солей для анализов необходимо сохранять в герметичной таре. Дубликаты проб или большие по объему пробы должны быть тщательно упакованы и запарафинированы.

36. Отбор проб поверхностной рапы осуществляется одновременно по всей площади озера и совмещается с промером глубин. Основная часть точек опробования должна быть расположена по правильной сети, равномерно освещающей участки с наибольшими, средними и наименьшими глубинами, так как между ними могут наблюдаться заметные различия в составе рапы. Вблизи берегов число отбираемых проб следует увеличить. Часть точек отбора проб должна находиться в пределах прибрежных участков, мест развития «окон», мелководья и в приустьевых частях рек и оврагов.

Поверхностную рапу мощностью до 1 м достаточно характеризовать одной пробой из средней части слоя. При большей мощности слоя рапы следует, кроме того, отобрать пробы из его поверхностной и придонной частей (в 10–20 см от поверхности или дна озера). При документации кроме места взятия пробы указываются глубина и дата ее отбора, время дня, температура и плотность рапы, наличие или отсутствие

осадка, его количество и характеристика. Желательно, чтобы пробы рапы отбирались специально сконструированными пробоотборниками.

Иногда в рапе имеется полувзвешенная новосадка соли, которая из-за перенасыщения или изменения температуры выпадает в осадок при ее хранении в бутылке или банке. Поэтому необходимо сопоставление характеристики пробы при ее отборе с ее характеристикой перед анализом.

37. Пробы межкристальной рапы отбираются после окончания бурения скважины путем откачки из нее рапы для установления дебита, коэффициента фильтрации пород и состава рапы или путем отбора проб с определенных интервалов (1–2 м), чаще всего из различных по минеральному составу слоев вмещающих солей. Необходимо, чтобы между окончанием бурения и отбором проб прошло достаточно времени для устранения имевшего место при бурении перемешивания рапы. В некоторых случаях допускается отбор проб рапы в процессе бурения по мере пересечения скважиной слоев различного минерального состава. Во избежание поступления в соляную залежь и смешения с рапой менее минерализованных напорных вод, встречающихся на многих озерах под слоем ила или песков, углублять скважину в слой ила следует только после отбора проб рапы из соляной залежи.

В каждой пробе устанавливаются плотность и температура рапы. Температура должна измеряться на глубине отбора проб. Плотность рапы определяется непосредственно у скважин (без промедления), так как из рапы, особенно пересыщенной, при изменении ее температуры может выпасть осадок, что приведет к искажению ее истинной плотности.

При изучении горизонта межкристальной рапы необходимо установить пористость монолитной соли, в которой заключена межкристальная рапа.

38. При длительном хранении проб поверхностной и межкристальной рапы и их транспортировке, а также в случае понижения температуры из рапы нередко выпадают мирабилит, магнезиальные соли, натрон, глауберит. Рапа после выпадения из нее мирабилита (или натрона) опресняется, а образовавшийся в бутылке при отрицательной температуре лед может ее разорвать. Иногда при длительном хранении рапа в бутылке расслаивается на несколько слоев с различной плотностью и составом солей. Поэтому перед анализом или при повторном определении плотности рапа в бутылках должна быть тщательно перемешана, а иногда и подогрета до полного растворения выпавшего из нее осадка. Задержка в направлении проб в лабораторию недопустима.

Изучение условий питания озера сопровождается опробованием вод поверхностного и подземного стока. Отбор проб воды и их хранение во многом аналогичны отбору и хранению проб поверхностной и межкристальной рапы. Пробы поверхностных вод (не менее 30) должны отбираться по возможности одновременно с пробами подземных вод, рапы озера, ила и грунтов. Пробы отбираются вблизи истоков водотоков, на их пути к озеру и в приустьевой части. Систематический отбор проб воды достаточно производить на 1–3 типичных или наиболее крупных водотоках или источниках; по остальным водным объектам можно ограничиться разовым отбором проб. Пробы подземных вод отбираются из скважин, реже шурфов, заложенных по стоку подземных вод к озеру, при изучении водоносных горизонтов или при наблюдении за их режимом.

39. При разведочном бурении озерных соляных залежей (особенно сильно загрязненных илами) нередко происходят газовые выбросы, которые в большинстве случаев связаны с органическими веществами илов и состоят в основном из метана. При выделении газа из разведочной скважины необходимо отобрать и проанализировать его пробы.

40. Химический состав озерных солей и рапы должен изучаться с полнотой, обеспечивающей оценку их качества, промышленного значения попутных компонентов, а также влияния вредных примесей. Содержание компонентов следует устанавливать на основании анализа проб химическим, спектральным или другими методами, предусмотренными государственными стандартами или утвержденными Научным Советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным Советом по методике минералогических исследований (НСОММИ) МПР РФ.

Во всех пробах солей и рапы определяется содержание  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (гигроскопической и кристаллизационной), нерастворимого в воде и  $\text{HCl}$  остатка; в пробах рапы, кроме того содержание  $\text{Br}^-$ , плотного и сухого остатка. В отдельных пробах солей и рапы устанавливается содержание железа, а в пробах солей – содержание карбонатов кальция и магния, если они обнаружены. В пробах ила для выявления в них легкорастворимых солей и труднорастворимых образований определяются те же компоненты, что и в солях (в некоторых случаях  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , иногда  $\text{S}$ ), и оценивается их пригодность для использования в бальнеологических целях.

Результаты химических анализов солей приводятся в ионной форме и в пересчете на солевой состав (в процентах по массе), на основе которого в необходимых случаях (при разведке полиминеральных месторождений) рассчитывается минеральный состав солей. Последний в свою очередь контролируется минералогическими анализами. Результаты химических анализов рапы (воды, если данные о ее составе используются для характеристики гидрохимического режима соляного озера) также выражаются в ионной форме с пересчетом на вероятный солевой состав (в процентах по массе, в эквивалент-процентах, в молях солей на 1000 молей воды, иногда в граммах на килограмм или в граммах на литр).

Часть проб солей рапы следует подвергнуть спектральному анализу для выявления попутных ценных компонентов ( $\text{Br}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Li}$  и др.). При установлении их повышенного содержания необходимо выполнить количественные химические анализы по объединенным (групповым) пробам). Порядок объединения рядовых проб в групповые, их количество должны обеспечить равномерное опробование основных разновидностей солей по простиранию и мощности. Работы по определению содержания попутных компонентов необходимо проводить в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

Желательно большую часть массовых анализов проб солей и особенно рапы и воды производить в полевых химической и минералогической лабораториях. Это позволит сократить сроки выполнения анализов и даст возможность корректировать направление разведки в процессе полевых работ.

41. Качество аналитических работ должно систематически проверяться и контролируется в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять геологическим персоналом независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов, выполняемых для подсчета запасов основных и попутных компонентов, а также для определения содержания вредных примесей.

42. Внутренний контроль осуществляется с целью определения величин случайных погрешностей путем анализа зашифрованных проб в той же лаборатории, которая выполняла основные анализы.

Внешний контроль производится для оценки величин систематических расхождений между результатами, полученными в основной лаборатории и в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты проб, прошедших внутренний контроль. При наличии стандартных образцов (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль осуществляется включением их в партию зашифрованных проб.

Пробы, направляемые на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности полезного ископаемого и классы содержаний. Обязательно контролируются все пробы, показавшие аномально высокие содержания компонентов.

43. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки. При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов и государственных стандартов.

При определении объема внутреннего и внешнего контроля следует принимать во внимание необходимость получения представительной выборки по каждому классу содержаний, участвующему в подсчете запасов, и каждому периоду разведки, учитывая бортовое и минимально промышленное содержание. При большом числе анализируемых проб (более 2000 в год) на контрольные анализы направляются 5 % от их общего объема; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

44. Обработка результатов внутреннего и внешнего контроля по каждому выделенному классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), для которых число контрольных анализов статистически достаточно для получения надежных выводов. При выполнении основных анализов разными лабораториями результаты обрабатываются отдельно по каждому методу анализа. Оценка систематических расхождений по результатам СОС выполняется в соответствии с указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных. Относительная среднеквадратичная погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в таблице 5. В противном случае результаты анализов бракуются и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля.

45. Арбитражный контроль осуществляется только при выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов



основной и контролирующей лаборатории, вызывающих необходимость введения поправочных коэффициентов. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических проб, по которым имеются результаты внешнего контроля). Арбитражному контролю подлежит 30–40 проб по каждому классу содержаний, где выявлены систематические расхождения.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по их устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

46. По результатам выполненного контроля – отбора, обработки проб и анализов – необходимо оценивать погрешность выделения соляных (продуктивных) интервалов и определения их параметров (табл.5).

47. Минеральный состав природных разновидностей озерных солей, а также их текстурно–структурные особенности должны быть тщательно изучены с применением минералого–петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным Научными Советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом, наряду с описанием отдельных минералов, производится также количественная оценка их распространенности. Необходимо определить количества и взаимоотношения соляных минералов как между собой, так и с другими минералами, размеры кристаллов или зерен солей и соотношение различных по крупности классов, характер срастания, прорастания и замещения, распределение жидких включений и т. д.

В процессе минералогических исследований должен быть также изучен и составлен баланс распределения попутных компонентов и вредных примесей по минералам или формам химических соединений. В результате изучения минерального состава, структурных особенностей и физических свойств озерных солей должны быть выделены их природные разновидности, намечены возможные технологические типы солей и способы обогащения. Окончательное выделение промышленных типов и сортов солей производится по результатам технологического изучения.

Таблица 5

**Предельно допустимые относительные среднеквадратичные погрешности анализов солей  
по классам содержаний (по ОСТ 41-08-212–82)**

№ интервалов	Интервалы Содержаний	Элементы или оксиды %																
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O	S	CO <sub>2</sub>	F	C	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	U	ппп
1	60,0–69,9	0,1	–	–	0,7	–	–	0,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	50,0–59,9	1,2	–	–	0,8	–	1,2	0,8	1,4	–	–	–	0,9	–	–	–	–	–
3	40,0–49,9	1,6	–	–	0,9	–	1,4	1,0	1,7	–	–	0,8	1,1	–	–	–	–	–
4	30,0–39,9	2,1	1,6	–	1,1	–	1,8	1,3	1,8	–	–	1,0	1,4	–	–	–	–	–
5	20,0–29,9	2,8	2,1	1,4	1,4	–	2,1	1,9	2,5	–	–	1,2	1,8	–	–	–	–	1,4
6	10,0–19,9	3,5	2,8	2,1	2,1	3,5	3,2	3,2	3,4	3,5	–	1,5	3,0	–	–	–	–	2,1
7	5,0–9,9	5,4	4,0	3,5	4,3	5,4	5,0	5,0	4,8	5,4	–	3,3	4,3	–	–	–	–	3,5
8	2,0–4,9	8,0	6,0	5,4	7,0	8,0	6,8	6,8	5,5	8,0	5,4	5,4	6,5	6,5	–	3,2	–	5,4
9	1,0–1,9	11	9,0	7,0	10	10	9,0	9,3	9,0	10	6,8	7,5	10	8,0	–	4,3	2,5	7,0
10	0,5–0,99	15	12	9,0	13	12	12	12	13	12	8,5	10	14	10	7,0	6,0	3,2	9,0
11	0,2–0,49	20	15	11	17	16	16	17	16	16	11	12	20	12	10	8,2	3,5	11
12	0,10–0,19	25	19	14	21	20	21	21	21	20	14	14	25	14	14	9,3	4,6	14
13	0,050–0,099	28	24	21	25	23	28	27	27	24	18	17	27	17	20	12	5,7	21
14	0,020–0,049	30	27	–	28	28	30	30	30	28	22	21	29	20	25	16	6,8	–
15	0,010–0,019	30	28	–	30	30	30	30	30	30	25	26	30	22	27	21	9,0	–
16	0,0050– 0,0099	30	30	–	30	30	30	30	30	30	26	28	30	25	30	24	12	–
17	0,0020– 0,0049	30	30	–	30	30	30	30	30	30	30	30	30	27	30	27	14	–

#### **IV. Изучение технологических свойств солей**

48. Технологические свойства солей и рапы, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте переработки аналогичных солей и рапы в промышленных условиях допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Технологические исследования солей и рапы в промышленных условиях проводятся лишь для труднообогатимых солей и рапы. Технологические свойства солей и рапы новых типов, а также используемых для назначений, по которым опыт переработки в промышленном масштабе отсутствует, изучаются в соответствии со стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

49. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности солей. По результатам их испытаний проводится выделение промышленных (технологических) типов и сортов, их изменчивость или постоянство и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы, т.е. осуществляется геолого-технологическое картирование. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

50. Лабораторные или укрупненно-лабораторные технологические испытания промышленных типов солей и рапы производятся на пробах, составленных из соответствующих природных разновидностей в соотношении, пропорциональном среднему для месторождения (участка).

51. Технологические пробы солей должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому, минеральному составу, структурным особенностям, физико-механическим и другим свойствам, среднему составу донных солей данного типа или всего месторождения. Технологические пробы рапы должны отвечать среднему химическому составу рапы всего месторождения (озера). При отборе проб необходимо учитывать изменчивость качества полезной толщи и рапы по площади и на глубину; в отдельных случаях для выяснения изменчивости следует проводить минералого-технологические (для солей) или химико-технологические (для рапы) исследования рядовых или групповых проб.

52. В результате лабораторных исследований должны быть установлены технологические схемы переработки всех выделенных промышленных типов донных

солей и рапы и определены технологические параметры их обогащения или передела.

53. Результаты лабораторных технологических исследований, как правило, проверяются в полупромышленных условиях при непрерывном процессе. Проверке и уточнению подлежат рекомендуемые процессы обогащения и схемы в целом, показатели отдельных переделов и полного извлечения основных и попутных компонентов и все другие звенья технологического процесса. Пробы для полупромышленных испытаний

должны представлять технологические сорта солей в соотношениях, соответствующих объему их совместной добычи и переработки, пробы рапы отвечать ее среднему химическому составу для месторождения (озера) в целом.

Направление, характер и объем полупромышленных технологических исследований устанавливается программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

54. В соляных озерах, где пласт солей покрыт или пропитан рапой, необходимо изучить возможность обогащения солей в процессе их добычи за счет промывки рапой. В таких случаях характер и степень обогащения при добыче определяются посредством прямого сопоставления вещественного состава и качества соли, находящейся в пласте и полученной после промывки. На месторождениях сульфатных и карбонатных (содовых) солей необходимо установить основные параметры процесса перекристаллизации и разработать технологическую схему. Для этого, наряду с изучением химического состава солей, устанавливается характер кристаллизации солей с использованием изо- и политермических диаграмм равновесия солевых систем. С помощью этих диаграмм определяют необходимые условия для получения из растворов солей заданного состава, оптимальный термический режим процесса и соотношение в растворе компонентов. Для изучения процесса обогащения солей, включающего их промывку на специальной установке, следует отобрать крупную валовую пробу и исследовать ее на опытной или промышленной обогатительной установке на одном из действующих солепромыслов.

55. В результате исследований технологические свойства солей и рапы должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение. Для попутных компонентов должны быть выяснены форма нахождения и баланс распределения в поверхностной, межкристальной рапе и солях.

56. Объемная масса должна определяться для каждой выделенной природной разновидности, каждого промышленного (технологического) типа и сорта озерных солей лабораторным путем, а при возможности – методом выемки целика. Для лабораторного определения объемной массы отбирается не менее 20 образцов керна по каждой разновидности; в связи с растворимостью солей в воде для замера объема используется керосин. Необходимо установить минералогический и химический состав испытываемых образцов и их влажность.

Все операции по определению объемной массы (отбор, измерение, взвешивание, расчеты) должны систематически контролироваться. Объемная масса пород и солей

может быть установлена также по данным плотностного гамма-гамма-каротажа (ГГК-П) и методом поглощения  $\gamma$ -лучей.

## **V. Изучение гидрогеологических, гидрохимических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий озерных месторождений солей**

57. Для оценки запасов озерных солей и рапы, находящихся в динамическом равновесии, необходимо изучить гидрологические, гидрогеологические, и гидрохимические режимы соляного озера, от которого зависит стабильность состава рапы и донных солей.

Изменения состояния соляного озера во времени (режим озера) обычно имеет циклический характер и повторяется с теми или иными вариациями в течение многолетнего периода.

58. Гидрогеологический режим соляного озера зависит от геологического строения его котловины и водосборного бассейна, а также от наличия и химического состава поверхностных и подземных (грунтовых) вод.

В течение года питание соляных озер подземными водами более стабильно, чем поверхностными. В приходной части баланса ряда соляных озер подземные воды составляют более 20 %.

Подземные воды часто в виде ключей проходят в озеро через донные отложения и образуют в них карстовые воронки, промоины и «окна» различных размеров.

59. Гидрологический режим соляного озера (колебания уровня и мощности слоя рапы) зависит от изменения количества поступающих вод и величины испарения. Мощность слоя поверхностной рапы в соляных озерах чаще всего составляет 0,5–1 м и лишь изредка превышает 5 м. Уровень рапы изменяется в течение года в разных районах и озерах неодинаково. Наибольшие амплитуды колебания уровня поверхностной рапы характерны для рапных озер краевых частей засушливых климатических зон или озер с крайне неравномерным питанием, где они достигают 1 м. У «сухих» озер амплитуды колебания уровня поверхностной рапы значительно меньше и обычно не превышают 0,5 м. Весной поверхностная рапа на них исчезает, а межкристальная опускается на 3–5 см ниже поверхности соляного пласта; летом эта величина составляет 10–12 см, а на некоторых озерах 30 и даже 60 см.

60. Гидрохимический режим соляных озер обуславливается изменением химического состава, концентрации и плотности поверхностной и донной рапы, а также соотношением солей, находящихся в жидкой и твердой фазах.

Наиболее резкие изменения химического состава рапы и соотношения солей, находящихся в различных фазах, происходят в весенне-летний период. Летом, когда концентрация рапы в связи с усилением испарения возрастает, наблюдается самое интенсивное осаждение соляных минералов. Весной под воздействием опреснения рапы подземными и поверхностными водами происходит растворение выпавших солей (частичное или полное) или замедление процесса осаждения соляных минералов.

В осенне-зимний период химический состав рапы изменяется значительно

меньше, процессы осаждения солей замедляются. Однако мирабилит наиболее интенсивно осаждается зимой, так как при низких температурах его растворимость резко падает. Летом наблюдается его полное или частичное растворение или замедление осаждения.

На состояние и режим озера влияют также добыча соли, сброс сточных вод, ирригация и т. д.

61. Обязательным условием оценки и разработки озерных месторождений является изучение изменений водно-солевого баланса озера в месячном, сезонном, годовом циклах и в течение многолетнего периода. Для этой цели в течение двух-трех лет должны быть проведены систематические наблюдения за колебаниями уровней поверхностной и межкристальной рапы, ее плотности и температуры, химического состава и концентрации солей в рапе. Если результаты наблюдений в отдельные годы резко различаются, то наблюдения следует продолжить еще один – два года.

В некоторых случаях (при наличии достаточных данных многолетних наблюдений ближайших метеорологических станций за климатом) период режимных наблюдений может быть сокращен до одного года. Наблюдательные посты на соляном озере должны характеризовать как участки с наиболее типичными для всего озера параметрами рапы, так и участки, где она в течение года претерпевает наибольшие изменения.

62. Число наблюдательных постов зависит от размера озера. Основные посты наблюдения за поверхностной рапой целесообразно совмещать с постами наблюдения за напорными и околоозерными подземными водами и источниками на берегах озера, а также с площадками для наблюдения за испарением. Наблюдения за состоянием рапы на этих постах необходимо сочетать с комплексом метеорологических наблюдений за температурой воздуха на разных высотах (обычно 0,1; 1 и 2 м), его влажностью, направлением и скоростью ветра, давлением воздуха, величиной выпадающих осадков. На крупных озерах следует организовать наблюдения за течениями, смещением рапы и поступающих в озеро вод.

На рапных озерах с донными отложениями солей комплекс наблюдений следует расширить за счет систематического изучения состояния межкристальной рапы. Постоянные наблюдения за уровнем, плотностью, температурой, составом и концентрацией солей в межкристальной рапе на разных глубинах обычно совмещаются и выполняются в одних и тех же скважинах.

В рапных озерах с новосадкой необходимо установить начало, длительность и окончание выпадения каждой соли и характер ее растворения, описать строение и мощность новосадки в разных частях озера, отобрать пробы на анализы.

63. Для изучения горизонтов подземных вод на профилях, обычно перпендикулярных к береговой линии озера, следует пробурить скважины или пройти шурфы с таким расчетом, чтобы водоносные горизонты вскрывались за соровой или пляжной полосой, в ее пределах и под дном озера. Эти скважины (шурфы) используются для проведения обычного комплекса гидрогеологических исследований, а также для выяснения литологии пород, вмещающих озерные месторождения солей.

Наиболее детально необходимо изучить около- и подозерные водоносные горизонты (установить их мощность, условия залегания и питания, химический состав

вод, статистический и пьезометрический уровни, а также фильтрационные свойства и дебиты водосодержащих пород) выявить их взаимосвязь между собой, а также с поверхностными водами и рапой. Должно быть установлено влияние подземных вод на формирование озерных месторождений солей и оценена возможность отвода их и поверхностных вод от разведываемого месторождения.

64. Во всех случаях, одновременно с разведкой соляного озера, а также при последующей его разработке необходимо проводить систематические наблюдения за гидрогеологическим, гидрологическим и гидрохимическим режимами озера и метеорологическими показателями. Оптимальная периодичность режимных наблюдений (раз в 3 дня, раз в 10 дней или даже раз в месяц) определяются в начальный период разведки.

В процессе разведки должны быть собраны метеорологические данные за достаточно длительный срок для прогноза устойчивости подсчитанных запасов по сезонам и на весь срок разработки.

Изучение соляных озер и проверку их состояния, учитывая незавершенность формирования большинства из них, необходимо повторять в сокращенных объемах через каждые 10–15 лет с учетом результатов стационарных режимных наблюдений.

65. Наряду с прогнозом природной стабильности запасов и режимов соляного озера, следует дать прогноз изменений в нем в результате будущей разработки, которая может привести к перераспределению солей в месторождении, изменению их качества, заиливанию, карстованию и т.д.

На основе прогноза должны быть рекомендованы рациональный способ разработки и оптимальная мощность добывающего предприятия, обеспечивающие длительный срок стабильного состояния солей озера.

66. Особое внимание должно быть уделено прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений солей на окружающую среду. Такое воздействие может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима и состава поверхностных и подземных вод, загрязнении водного и воздушного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности сельхозугодий и других негативных процессах.

Исследования следует выполнять, руководствуясь соответствующими методическими документами, предусматривающими необходимость рекультивации нарушенных земель, установление участков, пригодных для захоронения загрязненных вод, промышленное использование отходов, организацию оборотного водоснабжения и других условий при добыче и переработке минерального сырья. При наличии, особенно в изучаемом районе, эксплуатируемых месторождений с аналогичными инженерно-геологическими и горнотехническими условиями, следует использовать данные, полученные при разработке, для характеристики разведываемого объекта.

67. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.)

68. Горно-геологические, инженерно-геологические, геокриологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения или его участка. Следует дать оценку возможных источников

народно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающих потребность будущего предприятия по добыче и переработке ископаемых солей.

Для озерных месторождений солей необходимо также учитывать возможность проведения в районе работ, не связанных с его разведкой и последующей разработкой (ирригация, мелиорация, строительство плотин и т.д.), которые могут повлиять на уровень и режим поверхностных и грунтовых вод, и следовательно на уровень рапы, режим питания озера и состояние запасов солей.

Целесообразно также оценить влияние разработки соляных озер на изменение состояния прилегающих территорий (например ветровой разнос солей из садочных бассейнов), наметить площади для складирования промотходов. При наличии на небольшом удалении других рапных озер необходимо рассмотреть возможность использования их в качестве временных или постоянных рапохранилищ, а при необходимости и целесообразность использования их рапы для регулирования гидрохимических режимов эксплуатируемых озер и восполнения запасов солей.

69. Для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, складирования соляных отвалов и формирования хвостохранилищ, необходимо определить и показать площади с отсутствием залежей солей и других полезных ископаемых. Как правило, это должны быть участки и площади, не занятые сельхозугодиями и лесами высоких категорий. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вмещающих и вскрышных пород изучаемого месторождения.

70. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, в том числе и горизонты подземных минерализованных вод и рассолов, должны быть изучены с детальностью, позволяющей определить их промышленную ценность, в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

## **VI. Подсчет запасов**

71. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов солей озерных месторождений производится в соответствии с требованиями Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

При подсчете запасов солей озерных месторождений должны учитываться условия, отражающие их специфику в жидкой и твердой фазах, запасы солей в которых подсчитываются отдельно: рапы – в единицах объема (тыс.м<sup>3</sup>) и массы (тыс.т), донных солей – в единицах массы (тыс.т). Запасы солей в жидкой и твердой фазах могут быть подсчитаны по разным категориям.

72. Запасы поверхностной рапы подсчитываются по единой категории в целом для всего озера на день (период) промера ее глубин и опробования.

Запасы категории А поверхностной рапы и заключенных в ней солей



подсчитываются на месторождениях 1-й группы при условии, что:

по достаточному числу точек наблюдений (промеров, опробования и т.д.) надежно определены химический состав, плотность и глубина (мощность, уровень) рапы;

установлены закономерности изменения этих параметров и границ распространения рапы в годовом цикле и многолетнем периоде;

изучены длительными наблюдениями роль и значение поверхностных и подземных вод в питании озера водой и солями, а также разбавления рапы в зонах их интенсивного поступления;

получены данные многолетних наблюдений, позволяющие прогнозировать изменение запасов и состава рапы в течение срока эксплуатации озера.

Запасы категории В поверхностной рапы и солей в ней подсчитываются на месторождениях 1-й группы, а также на месторождениях 2-ой группы в том случае, когда:

систематическими наблюдениями установлены закономерности изменения химического состава и плотности рапы;

ориентировочно выяснены изменения гидрохимического и гидрологического режимов озера в многолетнем периоде;

определены средние глубины и границы распространения рапы в периоды ее максимального и минимального уровней;

установлены и проверены единичными выработками зоны наиболее интенсивного поступления в озеро подземных вод.

Запасы категории  $C_1$  поверхностной рапы подсчитываются на месторождениях 1-ой и 2-ой групп, если по данным отдельных наблюдений гидрологический и гидрохимический режимы выяснены в степени, необходимой для суждения о возможных амплитудах колебания состава, плотности, уровней и границ распространения рапы в годовом цикле и многолетнем периоде, определены ее средние глубины.

Запасы донных солей озерных месторождений подсчитываются на период их разведки по категориям, соответствующим степени разведанности всего озера или его отдельных участков.

Запасы категории А подсчитываются только на месторождениях 1-ой группы в контурах разведочных и эксплуатационных выработок, по которым:

надежно установлены химический и минеральный состав донных солей;

определено в степени, не допускающей других вариантов оконтуривания, положение пластов (линз) солей, их отдельных слоев, различающихся по структурным и генетическим признакам (новосадка, старосадка, корневая соль), промышленных (технологических) типов солей, внутриконтурных участков (прослоев, линз) некондиционных солей и несоляных отложений, проявлений карста («окон», промоин и т.д.);

изучены зоны наиболее интенсивного поступления в озеро подземных вод, вызывающих растворение солей на участках развития промоин, «окон» и т.п.;

получены данные многолетних наблюдений для прогноза устойчивости запасов и состава донных солей в течение срока разработки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по

данным эксплуатационной разведке и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

Запасы категории В подсчитываются на месторождениях I и II групп в контурах разведочных и эксплуатационных выработок. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей залежей, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории. На месторождениях 1-й группы запасы этой категории подсчитываются также в зоне геологически обоснованной экстраполяции, ширина которой не превышает расстояния между выработками, принятого для категории А.

По достаточному числу пересечений и анализов должны быть:

определены в целом для площади подсчета запасов химический и минеральный состав твердых солей;

изучено в степени, допускающей различные варианты оконтуривания, существенно не влияющие на представления об условиях залегания и строения донных отложений, положения пластов (линз) солей, их отдельных слоев, различающихся по структурным и генетическим признакам (новосадка, старосадка, корневая соль); запасы солей различных промышленных (технологических) типов подсчитываются по возможности в геометризованных контурах, а также могут быть определены статистически;

определены размеры и примерное положение внутриконтурных участков (крыльев, линз) некондиционных солей и несолевых отложений, а также степень закарстованности солевых отложений;

установлены и проверены единичными выработками зоны наиболее интенсивного поступления в озеро подземных вод, вызывающих растворение солей продуктивной залежи;

получены данные для прогноза устойчивости запасов и состава солей в течение всего срока их эксплуатации.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной и эксплуатационной разведок и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, по степени разведанности соответствующие требованиям Классификации к этой категории.

Запасы категории  $C_1$  подсчитываются на месторождениях 1- и 2-ой групп в контуре разведочных выработок с включением зоны геологически обоснованной экстраполяции, ширина которой не превышает расстояния между выработками, принятого для категории  $C_1$ .

К категории  $C_1$  относятся запасы донных солей месторождения или его участков, в которых:

условия залегания и особенности строения солевой залежи установлены в общих чертах;

распространение внутриконтурных участков некондиционных солей и несолевых пород выяснено ориентировочно без точного установления их пространственного положения в полезной толще;

степень и характер закарстованности определены по аналогии с прилегающими частями солевой залежи, разведанными более детально;

химический и минеральный состав твердых солей выяснены в степени, достаточной для обоснования их промышленной ценности;

устойчивость запасов и состава солей в течение срока их эксплуатации оценены предварительно.

72. На месторождениях или их участках, на которых донная (как правило межкристальная) рапа или погребенные рассолы представляют самостоятельный (или единственный) объект разведки и добычи, подсчет их запасов и отнесение к различным категориям производится в соответствии с «Методическим руководством по применению Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод к месторождениям промышленных вод», утвержденными МПР России в установленном порядке.

На относительно небольших по размерам месторождениях, наряду с запасами, намечаемыми к промышленному использованию, необходимо также определить количество и состав других солесодержащих образований и составить водно-солевой баланс озера.

В этом случае статические запасы донной (межкристальной) рапы подсчитываются в контуре запасов твердых солей отдельно по пластам. При наличии в пластах слоев, различающихся по составу твердых солей и межкристальной рапы, запасы подсчитываются отдельно по каждому выделенному слою.

73. Запасы категории  $C_2$  при разведке месторождений солей всех типов и всех групп сложности выделяются по единичным разведочным выработкам с учетом данных геологических построений, геофизических и геохимических (гидрогеохимических) исследований. При отсутствии запасов более высоких категорий они должны удовлетворять требованиям к запасам оцененных месторождений.

74. Ширину зоны экстраполяции для категории запасов  $C_1$  и  $C_2$  в каждом конкретном случае необходимо обосновывать фактическими данными. Не допускается для запасов всех категорий экстраполяция повышения закарстованности, выклинивания и расщепления пластов и линз, изменения минерального состава солей, ухудшения их качества, а также горно-геологических условий разработки.

75. При разделении запасов по категориям в качестве дополнительных классификационных показателей могут использоваться коэффициенты вариации мощностей и содержаний полезных компонентов в продуктивных телах, коэффициенты соленосности (калиеносности, содоносности) и др.

76. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных, горно-подготовительных выработок и эксплуатационных (например геотехнологических) скважин запасы подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

77. Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразности попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем.

Указывается причина отнесения запасов к забалансовым (экономическая, технологическая, гидрогеологическая, горнотехническая и др.).

78. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в каждом подсчетном блоке в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

Запасы других полезных ископаемых, залегающих на площади месторождения и пород вскрыши, при потребности в них и возможности рентабельной отработки, должны быть разведаны и подсчитаны по соответствующим требованиям.

79. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и разработки с анализом выявленных изменений в контурах, площадях прироста или убыли запасов и представлениях о внутреннем строении соляных тел и характере изменчивости соленосности в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

В материалах сопоставления приводятся контуры утвержденных госэкспертизой, погашенных (в том числе добытых и оставленных в целиках), списанных как не подтвердившихся и приращенных запасов, представляются таблицы движения запасов (по категориям и продуктивным телам) и баланс сырых солей и полезных компонентов ( $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $NaCl$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $Na_2SO_4$  и т.д.).

Для озерных месторождений сопоставления данных разведки и эксплуатации необходимо выполнять с учетом годовых и многолетних циклов изменения гидрохимического режима озер и его основных показателей (глубины, плотности, концентрации и состава рапы), а также характера взаимодействия и баланса запасов солей между твердой и жидкой фазами.

Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических и горно-технических условиях месторождения.

80. При компьютерном подсчете запасов с использованием традиционных методов рекомендуется применять программные комплексы, обеспечивающие возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных и эксплуатационных выработок и скважин, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ, продуктивных залежей и соляных тел, результаты и планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений а также сводных результатов подсчета запасов (каталоги пересечений продуктивных тел, выделенных в соответствии с кондициями, геологические разрезы, планы и разрезы с контурами промышленной соленосности и подсчета запасов, проекции соляных тел на горизонтальную и вертикальную плоскости, каталоги подсчетных параметров по блокам, разрезам, уступам и т.п.). Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и другим показателям.

Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

81. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по составу и правилам оформления представленных на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

## **VII. Степень изученности месторождений (участков месторождений)**

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

82. На оцененных месторождениях должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочных работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для открытых новых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории  $C_2$  и, частично,  $C_1$ .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупненно на основе проектов-аналогов, при этом: технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений рассматриваются предварительно, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР), которая проводится в рамках проекта разведочной стадии работ по решению

государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет. Масштаб и сроки ОНР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Целесообразность проведения ОНР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

83. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;

вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов солей изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;

запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;

гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного законодательства и безопасности горных работ;

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии соляных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных пробах для всего месторождения и участка детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;

рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий;

подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности.

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории  $C_2$  при

проектировании отработки месторождения в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения соляных тел, их мощность и характера распределения в них соляной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

### **VIII. Пересчет и переутверждение запасов**

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случае существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;

- объективном, существенном (более 20 %) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;

- изменение требований промышленности к качеству минерального сырья:

- повышении нормативов по количеству балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения) а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, установленных действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т.е. более 20 %).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

- увеличение балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50 %;

- существенное и стабильное увеличение мировых цен на продукцию предприятия (более 50 % от заложенных в обосновании кондиций);

- разработка и внедрение новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

- выявление в солях или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами

(геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.



Приложение к Методическим  
рекомендациям по применению  
Классификации запасов  
месторождений и прогнозных ресурсов  
твердых полезных ископаемых  
(озерных солей)

**Перечень стандартов и технических условий на минеральные  
соли и продукты их переработки**

**I. Натриевые соли и их продукты**

ГОСТ 13830–91	Соль поваренная пищевая. Общие технические условия.
ГОСТ 5100–85	Сода кальцинированная техническая. Технические условия.
ГОСТ 2156–76	Натрий двууглекислый.
ГОСТ 6318–77	Натрий сернокислый технический. Технические условия.
ГОСТ 21458–75	Сульфат натрия кристаллизационный. Технические условия.
ГОСТ 2263–79	Натрий едкий технический.
ГОСТ 450–77	Хлорид кальция технический.
ГОСТ 857–88	Кислота соляная синтетическая техническая.
ГОСТ 1692–85	Хлорная известь
ГОСТ 3022–80	Водород газообразный.
ГОСТ 6718–86	Хлор жидкий.
ОСТ 18-87–77	Соль поваренная кормовая.
ТУ 113-13-05-01–86	Хлористый натрий, получаемый путем растворения галитовых отходов при переработке сильвинитов.
ТУ 113-13-5–83	Натрий хлористый технический (отход производства хлористого калия.)
ТУ 113-13-14–82	Натрий хлористый технический для водоочистки котельных установок.
ТУ 6-13-23–80	Натрий хлористый, раствор водный для регенерации ионообменных смол.
ТУ 6-18-199–74	Сода кальцинированная гранулированная.
ТУ 6-18-13–81	Гидрокарбонат натрия технический.

**II. Калийный, калийно-магниевые, магниевые соли и их продукты**

ГОСТ 4586–83	Калий хлористый. Технические условия.
ТУ 6-13-12–79	Технические требования на сульфат калия.
ТУ 6-13-11–79	Технические требования на калимагнезию.
ТУ 113-13-7–82	Технические требования на калийно-магниевый концентрат.
ТУ 113-13-8–83	Каинит природный.
ТУ 6-18-153–	Технические требования на эпсомит.

