

**Национальная академия наук Украины
Институт геофизики им. С.И. Субботина**

В.П. Нагорный, В.М. Глоба

Соль Земли

Киев – 2013

УДК 622.271.4:553

Соль Земли / В.П. Нагорный, В.М. Глоба: НАН Украины, Институт геофизики им. С.И. Субботина. – Киев, 2013. – С. 154, ил. 118, табл. 8, библ. 49.

ISBN 978-966-02-6719-0

Изложены вопросы образования и свойства поваренной и калийной солей, их значения в жизни людей, а также экономического развития общества. Рассмотрена история образования солей и способов их добычи. Внимание уделено месторождениям поваренной и калийной солей, мировым запасам и объемам производства.

Рассмотрены методы разработки месторождений и добычи солей с использованием современных машин и механизмов.

Особое внимание уделено соляным массивам, которые могут быть использованы для строительства уникальных подземных хранилищ углеводородов, захоронения вредных отходов производств, для размещения подземных спелеолечебниц, санаториев, музеев, картинных и скульптурных галерей.

Книга рассчитана на массового читателя.

Сіль Землі / В.П. Нагорний, В.М. Глоба: НАН України, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна. – Київ, 2013. – С. 154, іл. 118, табл. 8, библ. 49.

Викладені питання утворення і властивості кухонної та калійної солей, їх значення в житті людей та економічного розвитку суспільства. Розглянута історія утворення солей та способів їх видобутку. Увага приділена родовищам кухонної та калійної солей, світовим запасам та об'ємам виробництва.

Розглянуті методи розробки родовищ і видобутку солей з використанням сучасних машин та механізмів.

Особлива увага приділена соляним масивам, які можуть бути використані для будівництва унікальних підземних сховищ вуглеводнів, захоронення шкідливих відходів виробництва, розміщення підземних спелеолікарень, санаторіїв, музеїв, картинних та скульптурних галерей.

Книга розрахована на масового читача.

Рекомендовано до друку Робочою секцією геодинаміки вибуху Вченої ради Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (протокол № 6 від 14.12.2012 р.).

ISBN 978-966-02-6719-0

© Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна

НАН України, 2013

© В.П. Нагорний, В.М. Глоба, 2013

Содержание

Введение	5
Часть I Без соли нет жизни на Земле	7
Раздел 1. Что представляет собой соль	7
1.1. Как образовалась поваренная соль	7
1.2. Свойства соли	9
1.3. Применение соли	11
1.4. Какие бывают поваренные соли	12
1.5. Мировые запасы и производство поваренной соли	13
1.6. Месторождения поваренной соли	15
Раздел 2. Заглянем в глубину веков	20
2.1. Магическая сила соли	20
2.2. К истории соляных промыслов	30
2.3. К истории соляных рудников	39
Раздел 3. Современные способы добычи поваренной соли	45
3.1. Добыча соли из морей, озер и получение ее из рассолов	45
3.2. Добыча каменной соли методом подземного растворения	50
3.3. Добыча каменной соли открытым способом	52
3.4. Шахтная добыча каменной соли	53
Раздел 4. Калийные соли	62
4.1. Что представляют собой калийные соли	62
4.2. Как образовались калийные соли	64
4.3. Свойства калийных солей	65
4.4. Применение калийных солей	66
4.5. К истории калийных солей	67
4.6. Месторождения калийных солей	72
4.7. Мировые запасы и объемы добычи калийных солей	77
4.8. Современные методы и технологии добычи калийных солей	80
Часть II Второе «дыхание» соли	87
Раздел 5. Подземные хранилища углеводородов в отложениях каменной соли	87
5.1. Основные сведения о подземных хранилищах в солях	87
5.2. Геологические и горно-технические условия строительства подземных хранилищ в солях	90

5.3.	Методы сооружения подземных хранилищ в каменной соли	94
5.4.	Технологические схемы и режимы эксплуатации подземных хранилищ, образованных в каменных солях методом размыва	111
Раздел 6.	Захоронение радиоактивных отходов в соляных формациях	121
Раздел 7.	Соль лечит (спелеотерапия)	125
Раздел 8.	Соляная «симфония»: города, музеи, галереи искусств	132
Заключение		141
Список литературы		142
Все о поваренной соли (соль в пословицах, традициях, притчах, истории, сказках, высказываниях великих людей)		146

Введение

Авторы не ставили своей задачей осветить все аспекты и проблемы, связанные с солью – поваренной и калийной, а пытались изложить основные вопросы, связанные с историей, происхождением солей, их месторождениями и мировым производством, с технологией добычи и возможностью сооружения и размещения в соляных массивах и пустотах жизненно важных объектов.

Книга состоит из двух частей и включает: введение, восемь разделов, заключение и список литературы. Первая часть книги названа «Без соли нет жизни на Земле», где три раздела посвящены поваренной (пищевой) соли. В них изложены вопросы образования и свойств соли, история соляных промыслов и рудников. Дана характеристика основных соляных месторождений, мировые запасы и производство поваренной соли.

В разделе 3 описаны современные способы добычи поваренной самосадной соли из морей, озер и рассолов. Особое внимание уделено вопросам добычи каменной соли методом растворения, открытым способом, шахтной добычи с использованием комбайнов и самоходных комплексов для подземной выемки.

Калийным солям посвящен 4 раздел. Читатели знакомятся здесь с образованием, свойствами и использованием калийных солей для получения калийных удобрений. Уделено внимание характеристике месторождений, мировым запасам и технологии добычи.

Вторая часть книги «Второе дыхание соли» посвящена интересной и важной проблеме. Она раскрывает другие свойства каменной соли и ее применение не только как основного продукта питания, но и как среду, в которой возможно сооружать подземные хранилища углеводородов. Подземное пространство после отработки камер, может быть использовано для размещения санаториев, лечебниц, музеев, организации туристических маршрутов.

В пятом разделе приведены основные сведения о подземных хранилищах в солях, геологических и горно-технических условиях строительства, методах сооружения и технологических схемах эксплуатации.

Шестой раздел знакомит читателя с использованием отработанных камер соляных рудников для захоронения вредных отходов, в частности радиоактивных.

Как соль помогает в лечении болезней человека – эти вопросы освещены в седьмом разделе. Читатель знакомится с соляными подземными лечебницами, спелеотерапией, в основе которой лежит использование микроклимата соляных шахт.

Восьмой раздел книги назван «Соляная «симфония». В нем соль отражена в названиях городов, а история представлена в музеях. Из соляных глыб, а зачастую прямо в подземных соляных массивах, умелые руки мастеров создали произведения искусства, как отдельные скульптуры, так и целые композиции. Красота и величие подземных залов и галерей позволили размещать в них музейные экспонаты, картинные выставки и организовывать зрелищные мероприятия.

При написании книги авторы пользовались доступной информацией: опубликованными литературными источниками, а также интернетом.

В конце книги авторы показали отражение в пословицах, традициях, притчах, истории, сказках, высказываниях великих людей этого бесценного продукта – Соли.

Авторы выражают благодарность Ющицыной Я.А. за подготовку компьютерной верстки книги.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

БЕЗ СОЛИ НЕТ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

В этой части книги речь пойдет о поваренной и калийной солях, являющихся с давних времен воплощением жизненно необходимых ценностей человечества. Известно, что из-за поваренной соли, этого белого кристаллического порошка, лежащего в обыкновенной солонке, люди когда-то сражались, убивали друг друга, продавали в рабство. Поваренная соль приносила богатство и власть, была предметом конфликтов и даже войн. Соль играла в древнем мире ту же роль, что сейчас отведена нефти.

Калийная соль, как основное сырье для производства калийных удобрений – главный компонент повышения урожайности многих культур.

Старая пословица «Без соли не проживешь» справедлива и в наши дни.

Раздел 1

ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СОЛЬ

1.1. Как образовалась поваренная соль

Еще в древности происхождение каменной соли интересовало многих ученых. Наши предки долгое время не могли объяснить ее происхождение. Известный греческий философ, математик Пифагор (VI век до н. э.), наблюдая белые налеты соли на морском берегу, считал, что соль произошла от солнца и моря. Римский ученый Тацит, который жил на пятьсот лет позже Пифагора, полагал, что соль родилась в результате двух враждебных элементов – огня и воды. Много и других подобных объяснений высказывали ученые в странах Древнего Востока – в Китае, Индии, Египте.

И позже, ученые вели дебаты о происхождении соли. В XVII веке математик, философ и физик Рене Декарт (рис. 1.1) выдвинул гипотезу, что океанская вода, проникая в трещины земли, со временем превращается в каменную соль.



Рис. 1.1. Рене Декарт (1596–1650 г.г.)

Геологи долго спорили о происхождении соли и в XVII веке разделились на два лагеря: на нептунистов и плутонистов. Нептунисты утверждали, что источником всех коренных пород (в том числе и соли) является мировой океан. Плутонисты были сторонниками вулканического происхождения соли. Как пример, они ссылались на существующую в Европе вблизи Кардоны (Испания) соляную гору, высота которой 170 м и возраст 40 млн. лет. Соляная гора сложена твердыми скальными породами и каменной солью, содержание которой более 70 %.

Русский геолог В. Строганов объединил эти два направления и выдвинул свою гипотезу. Он полагал, что необходимое для выпаривания океанской соли тепло было тектонического происхождения и все соленосные бассейны сформировались в те времена, когда образовывались горы. На поверхность земли изливалась магма и с большой силой фонтанировали геотермальные источники.

Как указывают ученые-геологи, соли как месторождения, образовались в девонский и пермский периоды (50–300 млн. лет назад). С развитием науки создавались более обоснованные представления о природе происхождения поваренной соли.

Все мы знаем, что наша планета Земля возникла из космической пыли и астероидов. Образовалась газовая оболочка Земли. Наряду с различными газами присутствовало большое количество паров. При

соединении паров натрия с хлором образовался хлористый натрий – вещество, которое мы называем поваренной солью.

Постепенно атмосфера начала остывать, появилась вода, покрывшая свыше 70 % суши. Появились моря, озера, образовался в первозданном виде океан. В него вместе с водой из атмосферы попадали соли и другие химические соединения. Они попадали также и в расплавленную магму, из которой возникли горы. Потоки воды вымывали соли из горных образований и несли их в океан. Так, Мировой океан стал главным источником образования неисчерпаемых запасов поваренной соли (рис. 1.2).

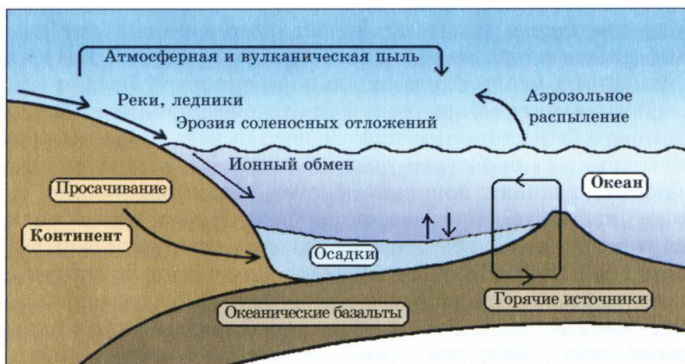


Рис. 1.2. Схема накопления солей в океане

1.2. Свойства соли

Поваренная соль по химическому составу представляет собой хлорид натрия NaCl . Это бесцветные гигроскопические кристаллы. В твердой соли атомы натрия и хлора расположены в определенном порядке, образуя кубическую кристаллическую решетку (рис. 1.3). Все кристаллы имеют солеобразный характер, то есть определенный набор свойств, отличающий эти кристаллы от других кристаллических веществ. Из-за того, что силы притяжения распространяются одинаково по всем направлениям, частицы в узлах решетки связаны относительно прочно. Поэтому такие вещества, как соль, при комнатной температуре – твердые (кристаллические). При нагревании кристаллов со временем происходит разрушение решетки и переход твердого вещества в жидкое состояние (при температуре плавления).

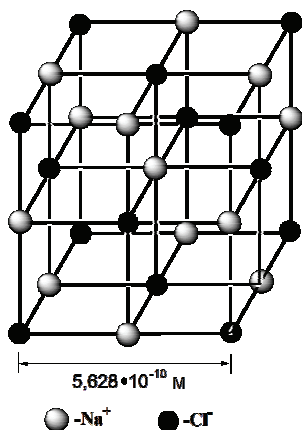


Рис. 1.3. Кристаллическая решетка хлорида натрия

В соли содержится Na – 39,34 %, Cl – 60,66 %. Насыщенная плотность соли 2,161 г/см³ (при 20 °С). Температура плавления соли относительно высокая – 800,8 °С, температура кипения составляет 1 413 °С. Поваренная соль отличается умеренной растворимостью в воде, причем это свойство незначительно зависит от температуры.

Морская соль добывается из морской воды путем выпаривания ее на солнце и имеет некоторые отличительные свойства. До 5 % объема соли приходится на естественные примеси калия, кальция, магния и микроэлементов, что придает ей привкус моря. Эти минеральные вещества и микроэлементы легко усваиваются человеческим организмом.

Натуральная морская соль содержит около 95 % NaCl и до 5 % соли других минералов: магния, кальция, калия, фосфора, иода и др. (вместе свыше 100 минералов, состоящих из 80 химических элементов).

Каменная соль – горная осадочная порода, состоящая в основном из минерала галита, обычно имеет незначительные примеси хлористых и серно-кислых соединений, глинистых частиц, битумов и др. Залегаet вместе с гипсом и ангидритом, нередко – крупными массивами.

Она бесцветна или окрашена в сероватые, беловато-серые и красные тона. Изредка встречается синяя соль. Серая окраска связана

с примесью ангидрита и терригенных частиц. Кристаллы галита содержат включения жидкости и газов.

Каменная соль содержит микроэлементы – железо, марганец, хром и селен, составляющие значительную часть суточной потребности в них человека. Каменная соль обычно образует крупные кристаллы (рис. 1.4), выросшие в пустотах и трещинах горных пород. Огромные глыбы таких кристаллов объемом более одного кубометра найдены в верховьях реки Аллер (Германия) и в городе Детройт (США).



Рис. 1.4. Кристалл каменной соли

1.3. Применение соли

Применение поваренной соли безгранично. В первую очередь, поваренная соль – важнейший пищевой продукт, без которого невозможна нормальная жизнедеятельность людей и животного мира. Недостаток этой соли приводит к функциональным расстройствам, а длительное солевое голодание может привести к гибели организма. Суточная потребность в поваренной соли взрослого человека 10–15 г. В условиях жаркого климата потребность в соли возрастает до 25–30 г. Если взять среднюю норму, равную 10 г/день, то за год человек потребляет порядка 3,5 кг соли. Таким образом, население Земли съедает более 20 млн. т соли в год.

Поваренная соль незаменима при сохранении и консервации всех видов продуктов животного происхождения, фруктов, овощей, кормов для животноводства и т. д. Подсчитано, что натриевая соль используется при получении более 1 500 видов продуктов питания. При мировом объеме добычи соли, который к десятилетию XXI века достиг 200 млн. т, 30 % потребляет пищевая промышленность.

Поваренная соль является важнейшим сырьем химической промышленности; 60 % добываемой соли идет на ее потребность. Из этой соли получают соду, хлор, хлороводородную кислоту, каустик, гидроксид натрия, металлический натрий, соляную кислоту и многое другое. Применяется соль в красильном деле, мыловарении и во многих других производствах.

При изучении почв ученые установили, что пропитанные хлоридом натрия, они не пропускают воду. Это открытие было использовано при строительстве оросительных каналов и водоемов. Если дно водоема покрыть слоем земли, пропитанным солью, то утечки воды не происходит. Строители используют хлорид натрия для устранения промерзания земли зимой и превращения ее в твердый камень. Такие участки грунта, планируемые для выемки, осенью густо посыпают солью. В этом случае в сильные морозы данные участки земли остаются мягкими.

Известно также, что смешением мелкоизмельченного льда с поваренной солью, можно получить эффективную охлаждающую смесь. Значительные объемы соли используются для борьбы с обледенением автомобильных дорог. На эти цели расходуется до 30–35 % добываемой технической соли.

В промышленности элементарный натрий применяется в авиации и атомной энергетике. Редкие сорта соли, состоящие из совершенно прозрачных кристаллов, применяются для изготовления специальных оптических линз.

1.4. Какие бывают поваренные соли

Поваренная соль по виду месторождений и по способу ее добычи разделяется на: выварочную, самосадочную, садочную и каменную.

Выварочную соль получают из рассолов, добываемых из недр земли и образующихся в результате подземного выщелачивания соляного пласта с помощью буровых скважин. После извлечения на поверхность, рассол фильтруется, а затем выпаривается. Такая соль имеет мелкокристаллическую структуру, характеризуется обычно высоким содержанием хлористого натрия и незначительным количеством примесей.

Добыча самосадочной соли осуществляется из донных отложений соленых озер. Обычно в середине или в конце лета в

озерной воде, в результате испарения, концентрация соли достигает максимума. В образованной так называемой рапе соль выпадает в осадок – отсюда и название соли – самосадочная. Садочную поваренную соль добывают в южных районах путем испарения морской воды или озерной рапы под действием солнечного тепла. Этот процесс происходит в отведенных неглубоких, но обширных по площади искусственных бассейнах. Бассейны бывают двух типов – морские (участки, создаваемые в море) и континентальные (в озерах).

Каменная соль добывается из недр земли открытым или подземным способами. При залегании соляного пласта на глубине от 20 до 150 метров применяется открытый способ. При этом устраивают карьер, удаляется верхний слой покровных пород, пласт соли разрыхляется механическим или взрывным способом и затем производится выемка соли.

При значительной глубине соль разрабатывается подземным (шахтным) способом. Полученная каменная соль поступает в цех переработки. Соль, находящаяся в недрах земли, возникла там миллионы лет назад.

1.5. Мировые запасы и производство поваренной соли

Мировые геологические запасы соли практически неисчерпаемы. Наибольшее количество хлористого натрия (NaCl) содержится в морской и океанической воде. По сути мировой океан – кладовая соли. В морской и океанической воде, согласно прогнозам ученых, растворено примерно $5,0 \times 10^{16}$ т различных солей. При этом на долю поваренной соли приходится около 75 % от общего объема, что составляет $3,8 \times 10^{16}$ тонн. Этим количеством соли можно покрыть весь земной шар пластом толщиной 45 м.

В одном литре океанской воды содержится 26–30 г поваренной соли. Наибольшая концентрация соли наблюдается в Красном, Средиземном и Персидском морях, меньшая – в Черном и Каспийском.

Большое количество поваренной соли содержится в соляных озерах, крупнейшим из которых является озеро Атакама, расположенное в Чили в пустыне Атакама, самом засушливом месте на Земле. Озеро покрыто толстым слоем соли и сформировалось миллионы лет назад.

Россия занимает первое место в мире по богатству и разнообразию месторождений соли. Сотни соляных озер, множество залежей соли и многочисленные выходы соляных источников разбросаны по ее необъятным просторам. Особенно богатыми отложениями поваренной соли славятся озера Баскунчак и Эльтон. В этих озерах запасы соли практически неисчерпаемы.

Озеро Баскунчак занимает площадь в 190 км², Эльтон – 200 км². Толщина слоя соли на озере Эльтон составляет более 5 м.

Наряду с огромными запасами поваренной соли в водах морей и соляных источниках, в больших объемах поваренная соль сконцентрирована и на суше. Мировые ресурсы галита, образующего под землей огромные толщи, колоссальны и составляют не менее $(3,5-4,0) \times 10^{15}$ тонн. Если условно эти толщи соли представить в виде гор, то эти подземные горы не уступают по высоте высочайшим пикам Памира и Кавказа.

Большими запасами каменной соли располагают США и Канада. В Европе добычу каменной соли осуществляют в России, Украине, Германии, Италии, Франции, Польше, Средней Азии (Узбекистане, Таджикистане) и других странах. Объем запасов поваренной соли в странах СНГ составляет 103 млрд. тонн, из них более 98 % составляет каменная соль.

Громадные мировые запасы поваренной соли и отсутствие конъюнктурных изменений предопределяют умеренные темпы ее производства по сравнению со многими другими сырьевыми товарами. В настоящее время соль производится более чем в 110 странах мира. Современное мировое производство поваренной соли удерживается на уровне 220–230 млн. тонн.

По основным соледобывающим странам этот объем распределяется так (в млн. т): США – 43–45, Китай – 30–35, Германия – 18, Австрия – 9–10, Россия – 8. Значительная добыча (свыше 5 млн. т в год) ведется во Франции, Великобритании, Австралии, Мексике, Бразилии и Индии.

В странах СНГ поваренная соль добывается на 25 предприятиях, где максимальный ее объем достиг 15 млн. т. Более 61 % объема добывается подземным (шахтным) способом.

Ведущее место в Западной Европе по производству поваренной соли занимает Германия. Из общего объема 18 млн. т в год, более 9 млн. каменной соли добывается подземным способом. В Италии каменная соль добывается на крупнейших рудниках в Сицилии.

Доля стран в мировом производстве поваренной соли составляет (в %) (рис. 1.5):

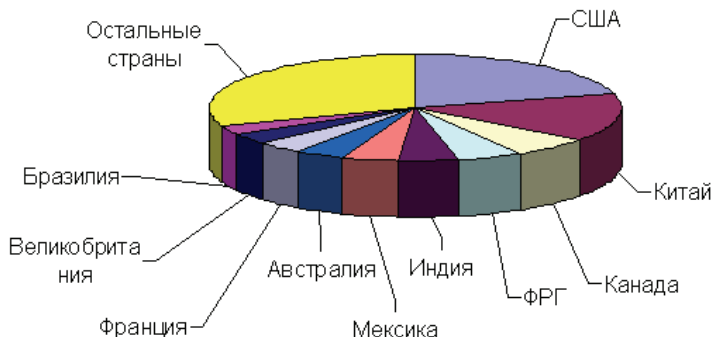


Рис. 1.5. Мировое производство соли (в %):
Северная Америка – 27,1; Азия – 26,9; Южная и Латинская Америка – 8,8; Европа – 22,9; СНГ – 6,3; Австралия и Океания – 4,6; прочие регионы – 3,9

Крупнейшими производителями поваренной соли на протяжении последних лет выступает США и Китай. США производит 21 % от общего мирового объема, КНР – 17,4 %, Германия – 8,6 %, Россия – 3,8 %. Более половины мировой соли получают из рассолов.

В мировой торговле поваренной солью (экспорт – импорт) принимают участие свыше 130 стран. Основными экспортерами соли являются Австрия, Мексика, Канада и Германия, а импортерами – США, Япония, Корея, Индонезия. К 2015 году, по оценкам специалистов, мировое потребление соли составит 300 млн. тонн, объем рынка – 10 млрд. долларов.

1.6. Месторождения поваренной соли

С этого и начинается, по выражению выдающегося ученого А.Е. Ферсмана «история странствования соли землей, под землей и в самой земле».

Миллионы лет соли накапливались в замкнутых от мирового океана морских бассейнах как часть мощных толщ осадочных пород. Примерами таких бассейнов сегодня являются Средиземное море, Каспийское море – со сформировавшимся месторождением Кара-Богаз-Гол, Красное море и знаменитое Мертвое море.

Зачастую такие бассейны располагаются на фронте активно растущих горных систем или в пределах линейных прогибов. Соляные залежи располагались среди других осадочных пород, во время горообразовательных процессов; легко меняли свою форму, часто образуя мощные, сложные по строению купола.

В ходе последующих тектонических деформаций пластические солевые минералы выдавливались к поверхности Земли, взламывая покрывающие породы. Аналогичным образом возникли месторождения в Техасе (США), на западе Канады, в России (Соль-Илецк), Австрии, Германии (Вюртемберг), Украине (Солотвино), Испании, на юге Ирана.

При этих процессах образовались характерные структуры – соляные купола, с которыми ассоциируются месторождения нефти. Порой на вершинах куполов располагаются соляные озера, такие как Эльтон и Баскунчак.

Итак, в процессе геологических преобразований, протекающих как на поверхности Земли, так и в глубоких горизонтах, образовались соляные месторождения, представляющие собой скопление солей, приуроченных к осадкам древних геологических эпох.

Залежи солей возникали на протяжении многих геологических периодов жизни Земли, когда создавались благоприятные для них геохимические, гидрогеологические и климатические условия.

Источником залежей солей является морская вода, из соли которой образовались месторождения ископаемых солей, соляные озера и подземные рассолы. При испарении морской воды, проникшей в бессточные котлованы, концентрация солей постоянно повышается.

Выпадение солей происходит летом при повышенной концентрации рапы вследствие испарения, зимой – из-за уменьшения растворимости солей с понижением температуры.

Солевые отложения, вследствие осадочного происхождения, скапливались и образовывали мощные твердые залежи, состоящие из покрывающих друг друга солевых пластов различного состава. Такие пласты измеряются десятками метров толщины и распространяются на значительные пространства.

Существенное влияние на формирование солевых залежей и последующее изменение их состава и структуры оказывают тектонические явления – соляная тектоника. В результате тектонических процессов образуются соляные подушки, купола –

куполовидные поднятия с соляным ядром (штоком), которые на глубине нередко сливаются в валы. На рис. 1.6 представлены формы соляных структур (по Ф. Трускейму).

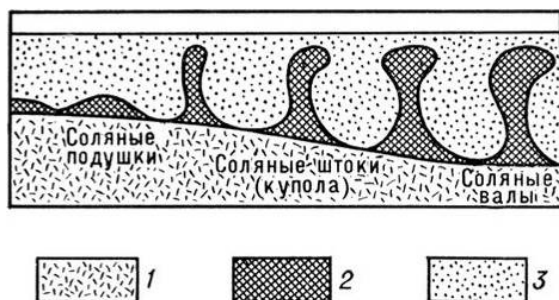


Рис. 1.6. Формы соляных структур:
1 – подсолевое ложе; 2 – соль; 3 – надсолевая толща

В результате деформации земной коры с пластами осадочных пород, образовавшихся в результате выпаривания морской воды или вод соляных озер, под землей образуются огромные горы твердой, плотной массы – каменной соли. Каменная соль при деформации выдавливается вверх с образованием сплошных соляных куполов, обычно имеющих в плане округлую форму и достигающих нескольких километров в диаметре.

Иногда эти купола выдавливаются на поверхность (рис. 1.7).

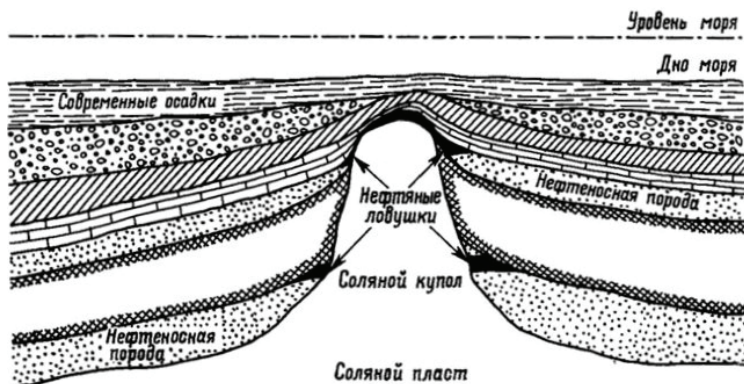


Рис. 1.7. Залегание соляной залежи в виде купола

Каменная соль в виде мощных залежей встречается в самых разных геологических формациях и залегает на разных глубинах от поверхности земли. По морфологическому признаку различают следующие типы залежей каменной соли: пластовые – Артемовское, Славянское, Солотвинское (Украина); пласто-линзообразные, линзообразные, штокообразные – Илецкое (Россия) и гнездообразные – в виде мелких линз и блоков.

Каменная соль присутствует на всех континентах. Страны СНГ обладают крупными месторождениями каменной соли: Илецкое, Тыретское, Стерлитамакское, Якутское, Уральское (Россия); Артемовское, Солотвинское (Украина); Старобинское, Мозырское (Беларусь); месторождения соли имеют Армения, Узбекистан, Туркменистан и Таджикистан.

Богата на каменную соль и Европа: Германия, Австрия, Польша, Италия, Испания, Швейцария и др. страны. На азиатском и американском континентах каменная соль сосредоточена в США (в штатах Калифорния, Луизиана, Канзас, Аризона), Перу, Аргентине, Канаде, Индии, Китае.

В России крупными месторождениями самосадной соли являются озера Баскунчак и Эльтон. Озеро Баскунчак расположено в Астраханской области в северной части Прикаспийской низменности. Наибольшая длина – 18 км, ширина – 13 км, глубина летом достигает 10 м. Поверхность озера на 19 м ниже уровня океана. Мощность соляного пласта летом достигает 40 м.

Баскунчак – своеобразное углубление на вершине огромной соляной горы, уходящей основанием на тысячи метров в глубину земли и покрытой толщей осадочных пород. Сегодня здесь добывается 2,5 млн. тонн соли в год.

Вторым крупным месторождением самосадной соли является месторождение озера Эльтон. Донная толща озера состоит из двух мощных пластов соли разделенных слоем глины. Толщина нижнего слоя – 14,4 м, а верхнего, выстеляющего дно – 18,25 м. Промышленная эксплуатация озера осуществляется уже более полутора веков.

Из месторождений каменной соли в России следует выделить Соль-Илецкое, расположенное в Оренбургской области. Месторождение представлено соляным куполом. Соляной купол покрыт и окружен в верхней части рыхлыми песчано-галечниковыми отложениями, имеющими большую мощность. Купол имеет вид эллипса, вытянутого с северо-запада на юго-восток, с осями в 1,5 и

2,5 км. Купол простирается на глубину 1 000–1 200 м. Добыча соли осуществляется подземным шахтным способом (горнодобывающими комбайнами).

Многочисленные залежи солей сосредоточены в Башкирии. Они приурочены к отложениям кунгурского яруса перми и распространены в Предуральском краевом прогибе (Стерлитамакско-Салаватская соленосная провинция). Здесь были разведаны три месторождения. Самым крупным считается Ярбишкадакское с запасами свыше 5 млрд. т. Мощность пластов соли от 37 до 380 м при ширине залежи 4 000 м и протяженности 7 000 м.

Добыча ведется методом подземного выщелачивания. Рассол подается на поверхность с глубины 1 300 м.

Значительными месторождениями соли обладает и Украина. В стране расположены четыре крупных соленосных бассейна: Донецкий, Днепровско-Донецкий, Закарпатский и Предкарпатский.

Большая часть соленосных запасов Украины находится в северо-западном Донбассе (Донецкий соленосный бассейн). Они в геологоструктурном отношении представляют юго-восточное окончание Днепровско-Донецкой впадины (Бахмутскую котловину).

Соленосные отложения образуют штоки и представлены каменной солью, переслаивающейся с ангидритами, доломитами и песчаниками. Мощность соленосных отложений на всей территории Днепровско-Донецкой впадины составляет около 600 м. В Донбассе эксплуатируются Артемовское, Славянское и Новокарфагенское месторождения.

Наибольшее в Украине Артемовское месторождение каменной соли. Оно занимает площадь 179 км² и разрабатывается подземным способом пятью шахтами на глубине 150–200 м.

Новокарфагенское и Славянское месторождения разрабатываются способом выщелачивания, при котором соль растворяется водой, закачиваемой в соляной пласт через буровые скважины с поверхности земли. Рассолы из-под земли подаются на рассолопромысел.

В последние годы на Днепровско-Донецкой впадине было выявлено несколько новых перспективных площадей, которым дана геологическая оценка и подсчитаны запасы.

В Закарпатском соленосном бассейне отложения связаны с миоценом. Они образуют пластовые залежи мощностью до 500 м на глубинах более 1 500 м и состоят из каменной соли с прослойками

гипсов, глин и песчаников. Мощность соленосных пластов в Прикарпатском соленосном бассейне колеблется от 350 до 800 м.

Кроме каменной соли, Украина богата месторождениями естественных солевых рассолов (Болеховское и Долинское), а также озерными бассейнами самосадочной соли (северный Крым, Сиваш).

В Беларуси огромные залежи соли сосредоточены на Мозырском месторождении, где запасы составляют сотни миллионов тонн. Добыча соли ведется выщелачиванием через буровые скважины. Насыщенный хлористый натрий поднимается на поверхность по трубам с глубины 1 200–1 300 м.

Раздел 2

ЗАГЛЯНЕМ В ГЛУБИНУ ВЕКОВ

2.1. Магическая сила соли

Что мы знаем о соли? Великий ученый, академик А.Е. Ферсман в свое время сказал: «среди всех солей самая главная и основная та, которую мы просто называем солью» (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Академик А.Е. Ферсман (1883–1945 г.г.)

Речь идет о поваренной соли, которая имеет множество названий: хлористый натрий, NaCl , галит, столовая соль, каменная соль,

пищевая соль или просто соль – та, которую мы с вами употребляем в пищу. Поваренная соль – это единственное минеральное вещество, употребляемое человеком в чистом виде.

Кто, где и когда впервые приправил свою еду солью – не знает никто, но считается, что человек начал употреблять соль в неолите, то есть около 5–7 тыс. лет назад, еще задолго до того, как возникла письменность. Открытие соли и начало ее употребления имело такое же значение, как знакомство человека с земледелием. Почти одновременно с добычей соли люди научились собирать зерна, засеивать участки земли и собирать первые урожаи.

Организм первобытного человека получал необходимую соль с пищей животного происхождения. Однако потребности организма заставляли искать ее в более концентрированном виде. Давно было обнаружено, что некоторые растения имеют приятный соленый привкус. Такие растения сушились, а затем сжигались в костре. Получаемая при этом зола использовалась в качестве приправы к пище. Позднее люди научились поливать горящие в костре куски дерева соленой водой из моря или озера и оставшуюся золу также использовать в пищу.

Соль совершенно необходима для жизнедеятельности организма человека и животных. Недостаток соли приводит к функциональным и органическим расстройствам организма.

Со времени зарождения цивилизации соль была важной частью повседневного рациона, приобретала магическую силу и считалась священной. В Евангелии от Матвея в обращении Иисуса Христа к апостолам говорится: «Вы соль земли. Если же соль потеряет силу, то чем сделать ее соленою. Она уже ни к чему негодна...». Гомер называл соль «священной субстанцией». Платон полагал, что она особенно дорога богам и поэтому так важна в религиозных обрядах.

У многих народов существовал обычай «солить» новорожденных, предохраняя их от злых духов, с которыми олицетворялись болезни, бессонница и даже капризы детей. Соль до сих пор используется при крещении в католической церкви.

Соль стала символом неподкупности. Древнегреческий философ Пифагор видел в ней эмблему справедливости и поэтому соль на столе должна была напоминать каждому сидящему за трапезой об этой ее важной особенности. А если вдруг солонка перевернулась и соль рассыпалась? Рассыпанная соль уже тогда означала грядущую несправедливость, потерю верности и неудачу. Сочетание этих

факторов с солью было запечатлено в знаменитой картине Леонардо да Винчи «Тайная вечеря».

В левой части картины на столе возле Иуды можно увидеть опрокинутую солонку. На полотне изображена описанная в Библии сцена, когда Иисус к изумлению апостолов объявляет им о том, что один из них предаст его. Их лица застыли в печали. Но Иуда, чтобы выглядеть столь же невинным, как и остальные, поднимает левую руку в протестующем жесте, правой сжимает кошелек с 30 серебряниками. Вот соль и рассыпалась.

Соль была атрибутикой гостеприимства. «Хлеб – соль! – так на Руси встречали дорогих гостей (рис. 2.2). Это традиционное пожелание добра, достатка, хорошего аппетита. Встреча гостей хлебом-солью имела еще одно важное значение – соль была своеобразным оберегом, наши предки верили, что соль защищает от враждебных сил.



Рис. 2.2. Хлебом, солью и квасом встречают дорогих гостей

В средние века соль являлась дорогим продуктом и занимала на столе самое почетное место. Ее подавали лишь на столы знатных гостей, прочие же расходились «не солоно хлебавши». Для нее знаменитые мастера изготавливали великолепные солонки из серебра.

Хозяин гордился солонкой, она доставалась ему, по обычаю предков, в наследство от отца как старшему в роду. Со временем она передавалась к его сыну, как эмблема богатства и силы. Эта величественная солонка на пиру делила стол на две половины. «Выше соли» сидели члены семьи, почетные гости и рыцари, «Ниже соли» – еще не посвященные в рыцари, пажы и слуги. Сидеть «выше соли» было особым знаком почета.

На пирушественные столы французских королей соль подавалась в больших расписных кораблях, изготовленных из серебра и украшенных драгоценными камнями. Они были как символ здоровья – гаранта стабильности государства (рис. 2.3).



Рис. 2.3. В таких солонках подавалась соль на пирушественные столы

В древние времена соль ценилась буквально на вес золота и часто играла роль денег (валюты). Венецианский путешественник и купец Марко Поло (рис. 2.4), посетивший Китай в 1286 году, описал монеты из кристаллов соли, которые там использовались.



Рис. 2.4. Марко Поло (1254–1324 г.г.)

В своей книге «Книга о разнообразии мира», в которой он представил историю своего путешествия по Азии, он писал: «Рассол кипятился в небольших котлах, через час соль принимала вид теста и из него делали «пирожки». Эти пирожки ставились на горящие черепицы близ зажженного огня, чтобы они сохли и твердели, на них накладывали клеймо. Его Величество и никто, кроме его чиновников, не мог делать «соляные деньги».

Многочисленные исторические документы свидетельствуют о том, что римские легионеры, а затем и крестоносцы получали заработную плату в форме соленого пайка. Соль выдавалась центуриону (командиру сотни), который обменивал ее на продукты и раздавал солдатам. Ученые считают, что возможно с этим связано название мелкой монеты в Италии «солди» и французского слова «салер» (жалование).

На Руси дружинникам также платили солью. В Ипатьевской летописи, где описывается борьба князя Данила с боярами в Галицкой земле (1242 год), сказано, что великие князья держат «коломышю» (так называлась соль по месту своей добычи) «ради раздачи дружинникам». Намного позже, в XVII веке, уже в царской России, соль входила в состав жалованья служивых людей: стрельцов, пушкарей, воротников.

Особое распространение денежная единица из соли получила во многих районах Центральной Африки. Великий русский ученый М.В. Ломоносов в середине XVIII века в своих трудах упоминал о соли в Абиссинии (нынешняя Эфиопия), где за три или пять брусков соли, сделанных в виде кирпича, можно купить раба. В некоторых городах-оазисах Сахары соль играла роль денег до конца XIX века.

Наступило время, когда без соли, как без воздуха, нельзя было обойтись, соль превращалась в неиссякаемый источник пополнения денежных запасов казны. Это послужило причиной для введения налога на соль. Первыми, кто ввел специальный налог на соль еще в VII веке до нашей эры, были китайцы. Впоследствии этот налог обогатил правителей многих стран.

Первые письменные сведения о введении налога на соль на Руси отмечены в уставной грамоте князя Святослава Ольговича, выданной в 1137 году Софийскому Новгородскому собору на право сбора в его пользу налога с соляных варниц. В 1671 г. Петр I ввел соляную монополию, при которой право на торговлю солью принадлежало исключительно государству. С 1740 г. для общего надзора за

продажей соли по губерниям была создана Соляная контора, просуществовавшая до 1804 г. (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Здание бывшей Соляной конторы (XVIII век)

Во Франции в 1318 г. король Филипп V ввел в двенадцати крупнейших городах налог на соль, который назывался габель. Для династии Валуа габель стал основным источником денежных поступлений. Согласно закону каждый француз старше восьми лет должен ежегодно покупать семь килограммов соли по госцене. Соляной налог долгое время поддерживал британских монархов. Тысячи британцев попадали в тюрьмы за то, что пытались обойти его.

Внутренняя политика многих стран в отношении соли нередко отличалась чрезвычайной строгостью и даже жестокостью. В 1631 году в России вышла в свет Царская грамота о запрещении продавать и вывозить соль за рубеж, в которой значилось, что воровство и продажа соли за рубеж каралась смертной казнью. Во Франции к концу XVIII века более трех тысяч граждан ежегодно приговаривались к тюремному заключению или смертной казни за преступления против соляного налога (габеля).

По причине непомерно высоких налогов, устанавливаемых на соль, происходили народные восстания – «соляные бунты». В 1543 г. 40 тысяч крестьян на юго-востоке Франции подняли восстание под лозунгом «Да здравствует король без габеля». Французская корона, напуганная яростью волнений, отступила – Национальное собрание отменило габель.

Но в 1804 г. Наполеон Бонапарт стал императором Франции и снова ввел габель на военные нужды. Соль жестоко «отомстила» ему. В 1812 г. тысячи наполеоновских солдат умирали во время отступления от Москвы, поскольку их раны не заживали из-за отсутствия соли в организме.

Первые народные восстания в Древней Руси произошли в 1113 году, когда киевский князь Святополк II предпринял попытку ввести налог на соль. В 1648 г. повышенный налог на соль, введенный царем Алексеем Михайловичем, вызвал соляной бунт. Он перекинулся из Москвы на Сольвычегодск и Усть-Великий. Бунт принял столь острые формы, что вынудил Правительство снизить уровень налога.

Соляные бунты происходили и позже. Так, соляной бунт был организован в Индии в 1930 году под руководством Махатмы Ганди. Он заключался в том, что жители Индии были вынуждены закупать соль у государства, хотя могли производить ее сами. Ганди с 79 своими последователями отправился пешком за 32 километра до местечка Данди, чтобы там добывать соль из воды (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Соляной поход во главе с Ганди в Индии (1930 г.)

Участники соляного похода, в знак нарушения колониальной соляной политики, три недели выпаривали соль из морской воды. Тысячи людей присоединились к Ганди. Он научил своих сторонников самостоятельно добывать соль. Соляной бунт имел огромный резонанс. Он положил начало массовой компании

гражданского неповиновения английским колониальным властям в Индии. Позже в честь этого события в Нью-Дели был открыт памятник (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Памятник «Соляной марш» (Нью-Дели, Индия)

Соль (соляные источники и копи) веками занимала одно из первых мест среди полезных ископаемых, за которые велись войны между государствами. Войны эти проходили в разные эпохи: за соль сражались не только в первобытнообщинном, но и рабовладельческом и в феодальном обществах.

В начале второго тысячелетия до нашей эры на одном из Палатинских холмов в нижнем течении Тигра возникло поселение. В устье этой реки с самых древних времен люди добывали соль, вываривая ее из морской воды. Поселение разрасталось и превратилось в город Рим. Рим стремился к устью Тигра, чтобы овладеть соляными промыслами, и первые цари Рима постоянно воевали с соседними племенами за овладение водоемами, где добывалась соль.

По приданию, Анк Марций (четвертый царь после основания Рима) окончательно подчинил племена и овладел соляными водоемами. Он «раздал народу в дар шесть тысяч модиев (мера веса) соли и ввел налог на соль, который держался до падения Римской империи.

С веками крепла Римская держава, развивалась торговля, появлялись богатые финикийские города, такие как Карфаген,

боровшиеся за подчинение себе природных богатств. Так, возникла война между Римом и Карфагеном за овладение соляными промыслами и серебряными рудниками. Сто восемнадцать лет длились, так называемые Пунические войны (264–146 г.г. до н. э). Рим праздновал победу.

При покорении какого-нибудь города, страны, народа, римляне запрещали солдатам под страхом смерти продавать побежденному врагу соль, оружие, точильный камень и хлебное зерно. Особый рацион соли, который получал каждый римский солдат, назывался «solavium argentum». На рубеже нашей эры в Европе происходили частые столкновения за соляные источники между германскими племенами бурундов и аллеманов.

В XVI веке соль была одной из причин быстрого покорения Мексики испанским завоевателем Кортесом. Столица ацтеков город Теночтитлан был расположен на островах соленого озера Тецуко. С берегов озера соль перевозили во все концы ацтекского государства. Она играла главную роль в товарообороте с соседними племенами. Соль присутствовала и во время гражданской войны в Америке между Севером и Югом. В декабре 1848 года был взят город Салтвилль (штат Виргиния), поставлявший соль для армии Юга.

Испокон веков соль была одним из первых продуктов внутренней и международной торговли. Люди относились к ней как к магическому средству, прокладывали торговые пути, а в тяжелые годы запасались ею впрок. Мешками с солью нагружались караваны и морские суда. Люди отправлялись в далекие страны за солью и торговать ею.

В истории известны торговые пути по которым возили ценные товары. Это Великий шелковый путь из Китая в Европу, янтарная дорога из Прибалтики в Рим, были и соляные дороги, по которым возили соль. На Руси еще во времена скифов древний «Солоный путь», по которому перевозили соль, вел степью от Днепра на юг к Черному, Азовскому морям и к Северному Кавказу. Одним из знаменитых торговых путей был путь от Балтийского моря через Восточную Европу в Византию, который летописец Нестор в «Повести временных лет» назвал путем «из варяг в греки». По этому пути русские купцы с товарами и солью вели торговлю с Константинополем и Скандинавией.

Через степной край Донбасса веками пролегал знаменитый чумацкий шлях за солью в Крым. В XVII веке чумачество широко

распространилось по Украине. Предприимчивые, смелые люди из вольных казаков, мещан и зажиточных крестьян на волах везли из славянских степей хлеб и деревянные изделия, а с юга привозили соль и соленую рыбу. Они ездили за солью к Азовскому морю, откуда развозили ее по Кубани и Кавказу, довозили до Курска, Белгорода, Киева.

Чумацкий шлях пролегал по левому берегу Днепра через запорожские степи до Перекопского перешейка, а оттуда на Крымский полуостров. Существовали две чумацкие дороги: Черный шлях и Муравский шлях. Черный шлях получил свое название из-за тех опасностей, которым подвергались проезжие. Муравский шлях – это был в древности «Солоный путь».

Чумацкий шлях утратил стратегическое назначение в 1870-х годах в связи с постройкой в Крыму железной дороги. В память об этом историческом событии Национальный банк Украины выпустил памятную монету, изображающую обоз чумаков, идущий по чумацкому шляху (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Памятная монета о чумацком шляхе

В Западной Европе были проложены и другие соляные дороги. Первая из великих римских дорог Via Salaria («Соляная дорога») была построена для того, чтобы развезти продукцию солеварен по всему полуострову. Она обеспечила Риму монополию на соль и стала одним из источников процветания города.

В Риме дорога начиналась у стены Аврелиана и вела через внутренние районы Центральной Италии до побережья Адриатического моря. Ее длина составила 242 км.

Старый соляной путь был и в Германии. Длина его 100 км. Он сыграл важную роль в развитии средневековой торговли, соединив ганзейские города Люнебург и Любек, то есть соляную жилу и морской порт. Люнебург богател за счет добычи и продажи соли, а Любек занимался торговлей, развозя «белое золото» по Балтийскому морю.

Солеварение и торговля солью в древности и в средние века были чрезвычайно прибыльным делом. Венеция, например, с XIV века богатела в первую очередь благодаря торговле и владению солеварнями в Египте, Алжире и Крыму. Китайский шелк и индийские пряности были на втором месте по важности после соли. Величественный и чарующий облик Венеции обязан, в основном, «соляным» деньгам. Ни одно государство не основывало свою экономику на соли до такой степени, как Венеция.

2.2. К истории соляных промыслов

Солеварением люди занимались по всему миру, его технология прошла длительный путь. В районе Величка (Польша) выварку из соляных источников древние люди применяли уже в период неолита (3 500 лет до н. э.). В те далекие времена люди вели выварку естественного рассола в небольших глиняных сосудах, а позже вываривание производилось в большом глиняном котле, под которым горел огонь. Древние жители Гондураса окунали в морскую воду горящие палки и счищали с них крупинки соли.

В первом тысячелетии до н. э. на территории современной Германии искусными солеварями были кельты. Они выливали морскую воду на раскаленные камни, вода при этом испарялась, а соль оставалась на камне в виде корки и затем соскребалась. Позднее этот способ кельты усовершенствовали: стали строить из камней или кирпича, похожие на башни сооружения, под которыми разводили огонь, а на раскаленные каменные плиты лили рассол. Вся кельтская экономика строилась на соли, которую они сплавляли по большинству европейских рек. Название кельтов «галлы» образовано от греческого слова *hal* – «соль».

В бронзовом и железном веках соль вываривали в так называемых чренах – плотных металлических ящиках высотой 20–30 см. Рассол поступал в чрен, под которым располагалась топка. После 6–7 часов кипения рассола приступали к выемке соли. Процесс солеварения продолжался около 12 часов.

В Западной Европе соль добывали главным образом на берегах морей и Атлантического океана из морской воды. Позднее в феодальных поместьях соль выпаривали крестьяне или купцы-арендаторы. Они брали в аренду соляные источники, находившиеся на землях феодала и принадлежавшие ему.

Соляными богатствами Средиземноморья управляли финикийцы и римляне. Несколько веков позже промыслами Средиземноморья распоряжались византийцы, которые, ради повышения цены на соль, разрушали солеварни конкурентов. В древней Греции и Римской империи соль также получали из морской воды. Ее направляли в специально вырытые неглубокие бассейны. Под действием горячих лучей солнца вода испарялась и соль оседала на дно.

Две тысячи лет до н. э. научились получать соль выпариванием из морской воды китайцы. Даже сохранилось имя «отца» китайского солеварения, жившего 2260 лет тому назад – Ли Бин. В китайских солеварнях рассол выпаривали из воды соляных озер, а также из соляных подземных вод, которые выходили из-под земли и по бамбуковым трубам отводились в чаны для вываривания. Специально представленные к этому делу солевары лопатами перемешивали рассол и подбрасывали дрова в огонь под чаном.

Способ извлечения соли из морской воды выпариванием был не единственным методом в Китае. В первом тысячелетии до н. э. во время династии Чад для добычи рассолов впервые было применено бурение. Скважины бурились ударным способом. При этом раздробленная порода смешивалась с водой и извлекалась на поверхность. Глубина этих скважин часто превышала 100 м, диаметр 12–15 см. В уезде Лошань (Китай) сохранилось множество скважин, с помощью которых галитовый рассол добывался в первом веке (рис. 2.9).

Центры древних цивилизаций Старого и Нового Света возникли там, где была налажена добыча соли. Инки добывали ее рядом со своей столицей Куско. Некоторые народности подчинили себе соседей благодаря умению добывать соль. Соляные источники обычно присваивал вождь, распределявший соль между членами племени. Соль служила и в качестве консерванта, и в качестве лекарств. Испанцы в Америке объявили соляные месторождения своей собственностью и это помогло им захватить власть – покорить индейцев.



Рис. 2.9. Бурение скважин в Китае для добычи рассолов (1-е тыс. до н. э.)

Соляное дело – один из старейших промыслов на территории русского государства. Первые сведения о солеварении в княжествах Киевской Руси появились в письменных источниках XI–XII веков и в Новгородских летописях назывались «русским промыслом». Соляные промыслы, где варили соль, назывались варницами.

В XII веке грамотой князя Святослава Ольговича, данной Софийскому собору в 1137 г., предписывалось брать с соляных варниц определенное количество соли пропорционально числу сковород и котлов для варки соли. Взяв свое начало в Старой Руссе, солеварение развивалось и впоследствии стало носить массовый характер. С XII века солеварение распространяется от Старой Руссы на восток, северо-восток, охватывая огромные территории Новгородской земли и Поморья.

До царствования Петра I соляные промыслы принадлежали преимущественно монастырям, с которых не брали пошлины за соль. Соловецкий монастырь к 1555 году имел 33 варницы, а в XVII веке ему принадлежало 54 варницы в Беломорье.

Поскольку соль варили из морской воды, была создана система промышленных водопроводов от моря до колодцев, при которых размещались варницы. При этом предполагалось устройство надежного водозабора, чтобы его не разрушали морские волны.

Несмотря на развитие солеварения на рынках центральной России чувствовался недостаток соли. Но в начале XV века началось солеварение в Приуральском крае. Высокая концентрация рассолов в Верхнем Прикамье обеспечила этому району славу главной солонки России.

Во второй половине XVI века, ниже по течению Камы, в районе Нового Усолья появился Аника Строганов, родоначальник знаменитой династии промышленников, державшей в кулаке весь Урал в течении двух столетий. Петр I ввел в баронский титул Александра Николаевича и Сергея Григорьевича Строгановых (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Барон С.Г. Строганов (1707–1756 г.г., художник И.Н. Никитин, 1726 г.)

Строгановы долгое время оставались монополистами по добыче и продаже соли. Им удалось объединить в своих руках 162 варницы (69,5 %) из 233. «Соленые» деньги дали возможность Строгановым стать самыми богатыми людьми в России.

В XVII веке расширились районы солеварения, образовавшиеся еще в XIV–XV веках: Переяславль, Соль-Галицкая, Старая Русса, Северо-Западное Поморье, Соль Вычегодская, Восточное Поморье. К ним прибавился еще и Волжский район, соляные озера Прикаспия и соляные озера в Украине в долине реки Бахмутка, что на Донбассе.

С развитием соляного промысла неразрывно связана история всего Донбасса. Производство выварочной соли требовало все больше дров, что привело к уничтожению лесов в округе. Нужен был новый энергоноситель, каким стал обнаруженный около 300 лет назад в Донецком крае каменный уголь.

Более насыщенные соли и удобное географическое положение позволили Соли Галицкой сохранить здесь солеварение в течении всего XVII столетия. Соляная варница представляла собой комплекс построек, включающий колодец, варницу, соляной амбар и дровяное хранилище (рис. 2.11). Сама варница – высокое деревянное здание без окон, крыша покрыта тесом.



Рис. 2.11. Соляная варница на реке Мшаге (рис. Э. Пальмквиста, 1674 г.)

Внутри находилась печь-яма. Над печью располагался чрен, у стен стояли две колоды, в них поступал соляной рассол из колодца.

Важной частью комплекса был колодец. От подачи рассола из колодца зависела производительность варницы. Дневная выварка старорусской варницы составляла 10–11 пудов соли.

При производстве соли для доставки соляного раствора к варницам использовались сложные гидротехнические сооружения с использованием деревянных труб (рис. 2.12).

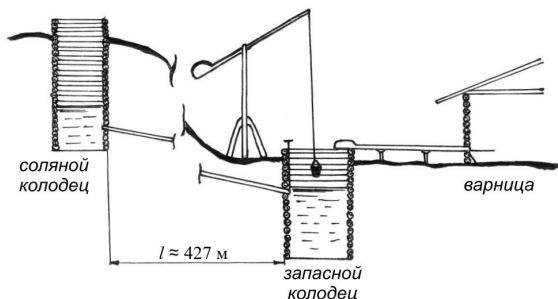


Рис. 2.12. Один из способов подачи соляного раствора к варнице

Дальнейшее развитие солеварения привело к изменению конструкции варниц. Она стала квадратной в плане, с четырехскатной крышей, в центре которой было отверстие для выхода пара.

С годами география солеварения расширилась. На западном и юго-восточном побережье Белого моря образовались варницы, где соль добывали из морской воды. Годовая производительность варниц колебалась от 6 до 13–15 тыс. пудов. Морскую воду к варницам солевары доставляли в деревянных ведрах и ушатах (рис. 2.13).



Рис. 2.13. В таких посудинах солевары Поморья доставляли морскую воду к варницам

Во второй половине XVI века поморскую соль потребляло население всего севера европейской части России, поступала она и в центральные области. На соляных промыслах использовался как наемный, так и принудительный труд. Строгановские промыслы обслуживались в основном трудом крепостных крестьян.

С расширением соляных промыслов, появлялись новые технологии. Так, в 1766 г. И.Г. Леманом был предложен способ подготовки рассола путем его градирования (сгущения). Оно заключалось в постепенном стекании рассола сквозь слой веток, при котором происходило испарение воды.

Предназначенные для этой цели градирни представляли иногда довольно громоздкие сооружения: длина их достигала 300–500 м, а высота – до 8 метров (рис. 2.14).

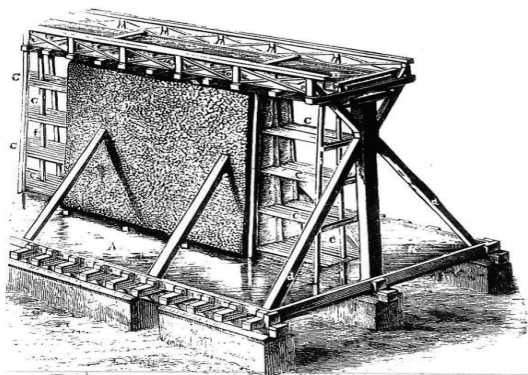


Рис. 2.14. Общий вид градирии

Совершенствование технологии соледобычи и получение рассолов из недр земли потребовало бурения скважин. На Руси, хотя бурение было известно уже в XII веке, рассолоподъемное бурение интенсивно было осуществлено в XVI–XVII веках на глубину 150–200 м (рис. 2.15).

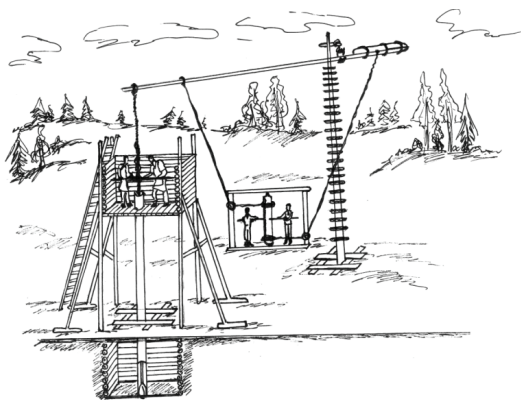


Рис. 2.15. Проходка рассольной буровой скважины с применением деревянных труб и ручного ворота (конец XVIII века)

Освоение технологии бурения скважин было не единственным прорывом в соледобыче. Так, недостаток топлива в местах традиционного солеварения вынуждал искать способы переброски

природного рассола в новые места. В Германии был построен деревянный напорно-самотечный рассолопровод длиной 31 км из Бад Райхенхалля в Грауншгайн. Для этого потребовалось срубить девять тысяч высоких елей и просверлить в них продольные каналы с помощью длинных сверл. Строительство трубопровода продолжалось с 1617 по 1619 г.

В России изготовление деревянных водопроводных труб началось не без участия солеваров Старой Руссы.

После присоединения Астраханского края к Московскому государству важным источником соли стали озера Прикаспия. В XVII веке возросло значение астраханских соляных промыслов, где осуществлялась добыча самосадной соли. Соль просто сгребали со дна озер и везли на судах вверх по Волге.

В начале добыча в Прикаспии велась на шести озерах, а в конце века – на 14. Главным источником добычи было озеро Баскунчак. Еще во времена Петра I на озере побывала экспедиция, чтобы определить, какая там соль и возможен ли ее промысел. Экспедиция установила: промысел возможен, особенно хороша соль в Баскунчаке – «чиста ...как лед».

Добыча озерной соли на озере Баскунчак была начата в 1774 году. Для охраны промысла построили небольшую крепость с гарнизоном в 50 рядовых и 2 офицера, с пушками и снарядами. Такая внушительная защита промысла должна была охранять его от набегов кочевников и свидетельствовала о долгосрочных планах.

На протяжении почти 200 лет единственным орудием солекопов была лопата и пудовая пешня. Стоя почти по пояс в разъедающей кожу рапе, рабочие вручную тяжелой пешней разрыхляли соляной пласт.

Соль грузили на телеги, запряженные верблюдами (рис. 2.16). Так, поставка на российский рынок свыше 10 млн. пудов чистой баскунчакской соли, что составляло в то время 25 % всего соляного производства, обеспечивалась каторжным трудом почти 40 тысяч наемных рабочих.

Параллельно велась разработка самосадной соли и на озере Эльтон. Добыча соли на этих двух больших соляных озерах была дешевле, что привело к уменьшению объемов ее получения на солеварных промыслах.



Рис. 2.16. Транспортировка соли телегами в верблюжьей упряжке

На протяжении многовековой истории солеварение в России было под пристальным вниманием государства. Во времена Петра I производство и продажа соли были монополизированы и казна получала при этом огромные доходы.

В 1711 году Петр I издал приказ «все соляные заводы осмотреть и описать». Он уделил особое внимание производству варочной соли и возобновил деятельность старорусских соляных варниц.

При правлении Анны Иоанновны ведется поиск соляных месторождений в Сибири. В 1744 году была разработана инструкция, данная Соляной конторе, в которой предписывалось обследовать соляные варницы с целью их модернизации.

Солеварение требовало огромного количества топлива. Вблизи солеварен на многие километры в окружности беспощадно вырубались леса. Так, на 100 тыс. пудов соли расходовалось 385 тыс. м³ дров. По этой причине в 1753 году по указу Сената были закрыты ряд соляных промыслов.

Однако Екатерина II предприняла попытку расширить деятельность соляных промыслов и их границ. В середине 80-х годов XVIII века добыча соли на всех промыслах России достигла 100 тыс. т в год.

В первом десятилетии XIX века работало 30 соляных промыслов и в конце 70-х годов добыча соли уже составляла 170 тыс. т в год. Отмена налога на соль, произошедшая по высочайшему указу в 1880 году, привела к резкому росту ее добычи и в последующем

десятилетия добыча соли возросла до 250 тыс. т в год. На протяжении всей истории Российского государства производство соли играло важную роль в экономике страны.

Хотя сегодня нет товарного производства, основанного на выпаривании рассола нагреванием, но именно солеварение, в основном, снабжало человечество этим необходимым продуктом на протяжении нескольких тысячелетий.

2.3. К истории соляных рудников

Добыча каменной соли, как и солеварение, имеет свою историю, уходящую в далекие времена. Пожалуй, соль была первым минералом, добываемым еще в бронзовом веке из легкодоступных залежей.

О глубокой древности разработок каменной соли свидетельствуют результаты исследований французских ученых, которые совместно с коллегами с Азербайджанской академии наук в течение десяти лет вели археологические раскопки в бассейне реки Аракс на территории Турции, Ирана и Азербайджана. Особое внимание ученых привлекло месторождение соли на склоне горы Дуздаг («соляная гора», Азербайджан), где разработка велась длинными туннелями.

Здесь, в районе древней шахты, было обнаружено множество орудий труда и глиняной посуды. Ученые проанализировали возраст находок (рис. 2.17) и пришли к выводу, что соляное месторождение на Дуздаге имеет возраст 4 500 лет и является самым древним в мире.



Рис. 2.17. Орудия труда солекопов, найденные в старых шахтах на склоне горы Дуздаг

Одними из самых древних разработок каменной соли в Европе являются соляные рудники в Австрии близ Зальцбурга, название которого так и переводится «соляной город». Предполагается, что добыча соли в этом районе началась в 700 годах до нашей эры.

В Германии на соляных рудниках Лüneбурга на Рейне, Берхтесгадена и Бад Райхенгаля в Баварии добыча каменной соли продолжалась в течении 500–1 000 лет. В неглубоких соляных шахтах соль отбивали от массива при помощи топоров, клиньев, молотов, долот (рис. 2.18).



Рис. 2.18. Отбивка соли клиньями на немецких соляных рудниках

В шахтные выработки часто поступали подземные воды, затрудняющие добычу соли. Для откачки воды применялись примитивные приспособления (рис. 2.19).

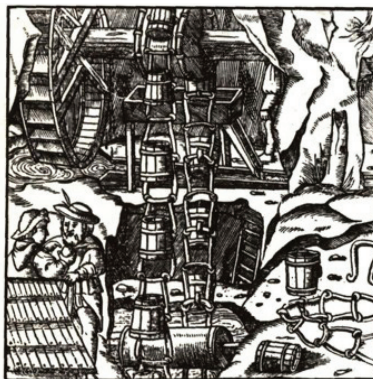


Рис. 2.19. Первое приспособление для откачки воды из соляной шахты

Увеличение добычи соли потребовало углубления и расширения горных работ, ручная транспортировка соли была заменена на конную. Горные выработки приобрели устойчивые формы. Добыча соли превратилась в замкнутый технологический процесс.

Старейшим рудником в Европе считается и соляной рудник Величка (Польша). Первое упоминание о нем в письменных документах относится к 1044 году, когда Казимир I выдал привилегию соляным копам в Величке, назвав их «*magnium sal alias Wieliczka*». Разработка соли велась на 9 горизонтах на глубине от 57 до 327 метров.

В XIV веке добыча соли и подземная транспортировка осуществлялись вручную, а подъем ее из шахты – при помощи специальных валов (рис. 2.20). Шахта отражает развитие методов и технологий добычи соли на протяжении семи столетий. Сегодня о тяжелом труде шахтеров напоминают скульптурные композиции, выполненные из соли мастерами и размещенные в подземном соляном музее.



a)



б)

Рис. 2.20. Технологические процессы добычи соли в шахте:

a) – погрузка соли; *б)* – подъем соли с горизонта

На смену ручной добыче каменной соли в начале XX века пришли мирные взрывы. В соляном массиве при помощи электросверл бурились шпуров для закладки взрывчатых веществ. После взрыва соль вручную погрузали в тачки (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Бурение шпуров в камере (а) и погрузка взорванной соли (б) (Величка, Польша)

«Величка» – это, пожалуй, единственное каменно-соляное месторождение в Европе непрерывно разрабатываемое со средних веков до XX века.

Древние соляные копи существовали в славянских городах Галицкой земли. Здесь в старых штольнях сохранились до наших дней не только каменные молотки, топоры и другие орудия, но и деревянные крепи шахт и даже кожаные мешки, в которых 4–5 тысяч лет назад переносили соль. Все это было пропитано солью и сохранилось до наших дней.

Первые разработки каменной соли в России были начаты в Илецкой Защите. О «соляной залежи на реке Илецк» упоминается в старинном географическом сочинении: «Книга. Большой Чертеж» – написанном в 1672 году и изданном по указу Ивана Грозного. Впоследствии исследования показали, что каменная соль Соль-Илецкого месторождения представляет собой соляной купол, основание которого уходит на глубину свыше 1 000 метров.

Со времен Екатерины II здесь добывали соль прямо на поверхности или из неглубоких ям. Близкое расположение соляной залежи от поверхности земли (2–3 метра) позволяло добывать соль при помощи простейших орудий труда. Солекопы снимали верхний слой земли, очищали соляную площадь от посторонних предметов и затем приступали к откалыванию соли от массива. При помощи топора и лома они вырубали большие соляные глыбы, разбивали их на мелкие куски, удобные для доставки на поверхность. Постепенно эти ямы углублялись и расширялись.

Добыча соли беспорядочными открытыми ямами продолжалась до 1808 года. В этом же году ее стали добывать почвоуступным открытым способом. В открытом карьере рабочие, прорубив продольные и поперечные борозды, сбивали соляные брусья весом от 240 до 400 пудов, которые разбивались на мелкие комья.

Карьер представлял собой котлован длиной около 300 метров и шириной 200 метров. В эту огромную выемку попадали атмосферные осадки и стекали сточные воды. Все это растворяло и загрязняло соль, затрудняло ее добычу и явилось причиной перехода на подземную добычу.

Первую шахту для добычи соли в Илецкой Защите построили в 1889 году и она называлась Соль-Илецкая. На шахте соль добывали каторжные рабочие кустарным способом. Соль перемещали носилками, тачками, рубили специальным приспособлением – бревнами с окованными кольцами.

Транспортировка соли к подъемному стволу осуществлялась в вагонетках лошадьми (рис. 2.22).



а)



б)

Рис. 2.22. Добыча соли в соляной шахте:

а) – ручная погрузка соли в вагонетки; б) – транспортировка соли лошадьми

История добычи каменной соли в Украине связана с соляными озерами в долине р. Бахмутка, что на Донбассе. После того, как в топках солеварен, проработавших почти 200 лет, сгорели все окружающие леса, следующим шагом в соледобычи явилось открытие пластов каменной соли. Предположение о такой возможности высказал в 1818 году горный инженер Е.П. Ковалевский.

Геологическое обоснование поисков поддержал российский академик А.П. Карпинский, который писал, что в успехе бурения нельзя сомневаться и в 1876 году было начато бурение «Правительственной» скважины под руководством горного инженера П.И. Иванова. На глубине почти 79 метров была открыта каменная соль. Бурением вскрыто 9 соляных пластов, в том числе наиболее мощный – Брянцевский толщиной около 45 метров.

С подтверждением огромных запасов каменной соли в Бахмутской котловине началась разработка месторождения. В 1879 г. частной компанией Н.И. Летуновского была пройдена первая шахта, получившая названия «Брянцевская копь». Она была введена в эксплуатацию в августе 1881 г. и уже за 4 месяца выдала на-гора около 4 тыс. тонн соли.

В это время горная промышленность уже обладала взрывчатым веществом – порохом и он был взят на вооружение соледобытчиками. Соль начали добывать буровзрывным способом. В соляном массиве бурились шпуры, в которые закладывались патроны с порохом, обычно заряжали несколько десятков шпуров. Соляные глыбы, отколовшиеся от массива взрывом, разбойщики дробили 6–7 килограммовой «балдой» и клином. Соль сортировали на месте на комовую и мелкую. По рельсовым путям откатчики тянули вагонетки к стволу и вкатывали в клеть. Позже стали использовать конную откатку. Для подъема клетки использовалась 100-сильная паровая машина с 5 паровыми котлами. Клеть поднималась с помощью стального каната на поверхность.

Стремительно велась разработка новых соляных залежей: в 1884–1885 годах было построено еще 5 шахт. И хотя генерал Летуновский недолго был владельцем рудников, он оставил о себе добрую память.

Через короткое время бахмутская – ныне артемовская – каменная соль стала ведущей в добыче каменной соли. Уже через несколько лет после добычи соли в Бахмутском районе Россия прекратила ввоз соли из-за границы.

Со средневековья существовали соляные рудники в Солотвино (Закарпатье, Украина), приносившие венгерскому королю треть всех доходов. Первый рудник в Солотвино под названием Кунигунда был выкопан в 1220 году. Соль добывали из конусовидных ям глубиной до 20 м, а со временем их глубина достигла 150 м. Первая шахта в Солотвино была построена в 1774 году. В конце XVIII века добыча соли велась на пяти шахтах. Впоследствии, в результате поступления

воды в горные выработки эти шахты были затоплены и над ними образовались озера.

Сегодня в Солотвино существует две шахты, но из-за притока воды и развития соляного карста они находятся в аварийном состоянии.

Раздел 3

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ДОБЫЧИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

Постоянно растущая потребность в поваренной соли предопределила необходимость разработки более совершенных и прогрессивных методов добычи на основании механизации технологических процессов, внедрения новой техники и мирового опыта.

В зависимости от образования соляных залежей (соляные рассолы озер и морей, рассолы глубинных горизонтов и, наконец, каменная соль, залегающая в недрах земли) в мировой практике применяются различные способы добычи солей: получение хлористого натрия из рассолов, выпаривание озерной и морской соли на солнце, подземная (шахтная) добыча каменной соли, производство поваренной соли вакуумным способом.

Основным способом производства поваренной соли в целом по миру следует считать ее получение в виде растворов и методом выпаривания на солнце. Доля каждого из этих способов составляет около 35 % , еще около 30 % соли добывается подземным способом.

3.1. Добыча соли из морей, озер и получение ее из рассолов

В мире большое количество соли получают из рассолов морей и озер. Соль образуется в морских и континентальных бассейнах. Морские бассейны формируются в результате отчуждения от моря участков (лиманов, лагун, прибрежных озер) с морской водой, в обстановке сухого и жаркого климата, ограниченного притока воды и наличия испарения. Эти площади засоляются, превращаясь в соляные бассейны.

Континентальные бассейны (озера) появляются в котлованах, в областях сухого жаркого климата, где поступающие в них подземные

и поверхностные воды выпариваются с осаждением растворенных в них солей. Соль накапливается в замкнутых, отрезанных от мирового океана бассейнах и соляных озерах, образуя толщи самосадной соли.

Месторождения озерной самосадной соли расположены в Российской Федерации (оз. Баскунчак, оз. Бурла), в Туркмении (оз. Гувлы), в Республике Казахстан (оз. Жаксыкылыш, оз. Индер, оз. Балхаш, ряд озер в Павлодарской обл. и другие), в Узбекистане (оз. Караумбет). На приведенных выше озерных месторождениях ведется добыча соли. Кроме того, в республиках Средней Азии имеется ряд озерных месторождений, пригодных для добычи соли. Добыча самосадной соли в мировой практике ведется ручным и механизированным способами. В ряде стран, хотя ручной труд требует тяжелого физического усилия, применяется ручная добыча.

Интересным, но примитивным способом, добывают самосадную соль во Вьетнаме. В специальные ямы наливают морскую воду, затем под действием знойного солнца вода испаряется, оставляя соль. После этого соль собирают в небольшие кучи и отвозят на тачках на завод, где она проходит очистку (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Добыча самосадной соли во Вьетнаме

На крупных соляных промыслах при значительной толщине пласта соли, не менее 0,5 м, преимущественно применяется механизированная добыча соли с использованием скреперов, тракторных погрузчиков, бульдозеров, одно- и многоковшовых экскаваторов, солесосов (солекомбайнов), соледобычных агрегатов (рис. 3.2).

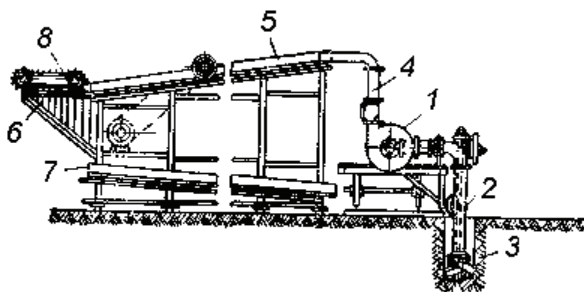


Рис. 3.2. Схема солекомбайна:

1 – центробежный насос; 2 – подвижная всасывающая труба; 3 – резак-разрыхлитель;
4 – нагнетательная труба; 5 и 7 – лотки; 6 – грохот; 8 – транспортер

Солекомбайн представляет собой центробежный насос 1 с подвижной всасывающей трубой 2, на устье которой имеется резак-разрыхлитель 3 с ножами. Разрыхлитель вращается со скоростью 36 об./мин. При этом он разрывает слабо спаянные в пласте кристаллы соли с получением кусков размерами 5–35 мм, которые засасываются вместе с рапой солесосом. На грохоте 6 соль отделяется от рапы и ила, стекающих по лотку 7 обратно в озеро. Солекомбайн выполняет следующие операции: разрыхляет соляной пласт, всасывает образуемую при этом солепulpу, обезвоживает ее, дробит обезвоженную соль, неоднократно промывает ее с целью устранения нерастворимых примесей. Солекомбайны монтируются на железнодорожных платформах и на понтонах. Производительность солекомбайна составляет примерно 300 тонн соли в час (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Добыча соли солекомбайнами на озере Баскунчак

Для добычи самосадной соли применяются различные конструкции солекомбайнов в зависимости от мощности пласта соли. Для отработки маломощных пластов используются солекомбайны на железнодорожном ходу с механической подборкой разрушенной соли. Такие агрегаты эксплуатировались на солепромыслах России и Казахстана. Они могли обрабатывать пласты соли мощностью от 1,0 м до 0,3 м (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Солекомбайн для разработки пластов соли малой мощности

Широкое применение для добычи самосадной озерной и бассейновой солей нашли комбайны типа «Каспий» (рис. 3.5).

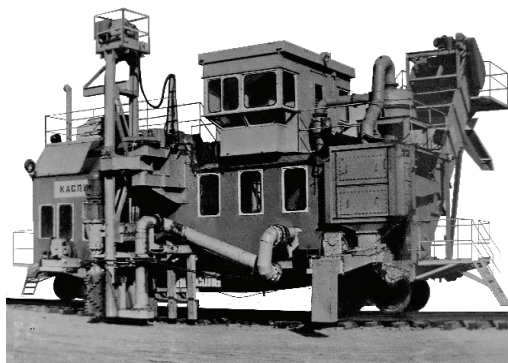


Рис. 3.5. Солекомбайн «Каспий»

Производительность комбайна составляет 350 т/ч, глубина отработки пласта равна 1,5 м. Солекомбайном «Каспий» производится добыча соли на комбинатах Аралтуз и Гувлыдуз. Использование железнодорожных путей позволяет обрабатывать соляные озера при наличии в пласте соли карстов, как с рапой, так и без нее. Для работы в сложных условиях ходовая часть солекомбайнов выполнена на гусеничном ходу в болотном исполнении (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Солекомбайн на гусеничном ходу

Добытая солекомбайнами соль на крупных солепромыслах доставляется потребителям железнодорожным транспортом.

На многих соляных промыслах соль, добытая солекомбайнами с озера, доставляется на склады открытого хранения (бугры). Здесь соль находится несколько месяцев, где естественным образом с помощью осадков продолжается процесс ее очистки. Емкость таких бугров до 700 тыс. тонн. Далее соль, после предварительного дробления, поступает на производственные участки цеха переработки.

Весь процесс получения готовой для потребления и дальнейшего применения самосадной поваренной соли, добытой солекомбайнами, включает целый комплекс операций от добычи, переработки до отгрузки, затаривания и фасовки.

Соледобывающие предприятия малой мощности используют для добычи озерной соли экскаваторы. Использование экскаваторной добычи ограничивается такими факторами, как высокий уровень рапы в озере, высокая прочность или закарстованность пласта соли.

Еще одним недостатком экскаваторной добычи является отсутствие обогащения в процессе добычи, что может быть компенсировано применением береговых обогатительных установок. Экскаваторная добыча экономически выгодна при добыче до 80 тыс. т/год и мощности соляного пласта не менее 0,5 м.

На соляных озерах Баскунчак и Индер были проведены опытные работы по использованию земснарядов для отработки озерных месторождений соли. Работы подтвердили целесообразность использования земснарядов (рис. 3.7).

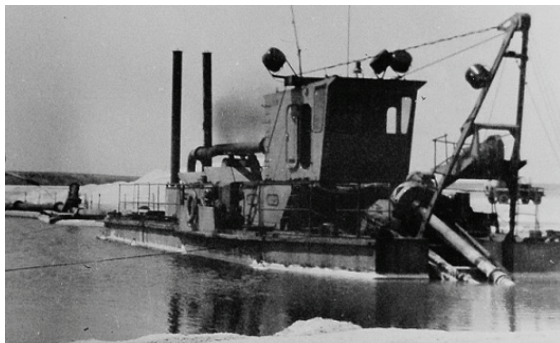


Рис. 3.7. Добыча поваренной соли с применением земснарядов (оз. Баскунчак)

3.2. Добыча каменной соли методом подземного растворения

В мировой практике получили распространение скважинные методы добычи солей путем подземного растворения водой (геотехнология). Этот метод применяется для добычи каменной, калийной и урановых солей, сульфатов, соды и др. Для добычи каменной соли этот метод был известен давно.

Поваренную соль в Европе издавна испаряли из рассола, добываемого из колодцев или скважин глубиной до 60–70 м. В настоящее время методом подземного растворения добывают каменную соль в Украине, Беларуси, России, Армении. Технологический процесс растворения солей заключается в том, что в местах их залегания пробуриваются скважины, их обустроивают и подают воду, которая растворяет соль, превращая ее в рассол.

В скважину, закрепленную колонной стальных обсадных труб диаметром 150–250 мм, вставляется труба меньшего диаметра 75–100 мм. По одной из этих труб с помощью центробежного насоса

высокого давления (20–25 атм.) в пласт соли нагнетается вода, которая растворяет соль и в виде рассола выдавливается на поверхность по другой трубе.

Различают два режима работы скважин – прямоточный, когда воду подают по внутренней (рабочей) трубе, а рассол поднимается на поверхность по наружной (обсадной) трубе (рис. 3.8, а) и противоточный – когда воду подают по наружной трубе, а рассол откачивается по внутренней трубе (рис. 3.8, б).

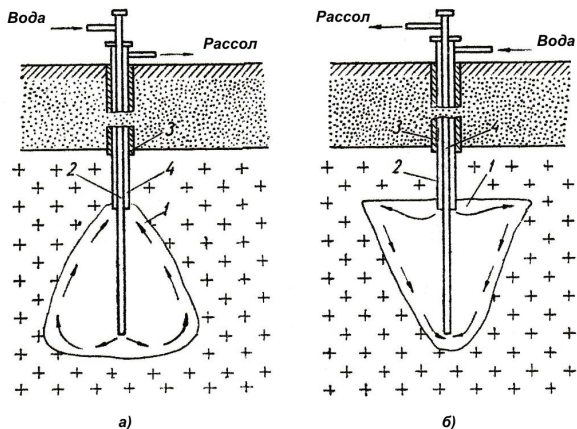


Рис. 3.8. Схема добычи каменной соли прямоточным (а) и противоточным (б) методами: 1 – камера размыва; 2 – водоподающая колонна; 3 – тампонажный цемент; 4 – рассолоподъемная колонна

Глубина скважины и давление, под которым в нее подают воду, зависят от глубины залегания пласта соли или подземного источника рассола. Производительность такой скважины составляет около 10–25 м³ рассола в 1 час. Иногда воду подают в скважину самотеком. В этом случае рассол, имеющий большую плотность, чем вода, не может достигнуть поверхности за счет давления столба воды и его откачивают опущенным в скважину глубинным насосом.

Методы прямоточного и противоточного размыва являются неуправляемыми. Растворение соли ведется по всей раскрытой толще соляной залежи, что может привести к неконтролируемому размыву потолочины (рис. 3.8, б), оголению колонны труб и ее обрыву.

Более совершенным, является метод управляемого размыва (рис. 3.9).

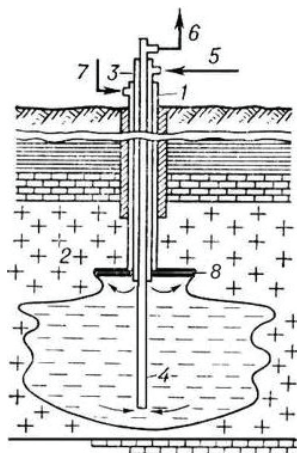


Рис. 3.9. Схема добычи каменной соли методом управляемого растворения:
 1 – основная тампонажная колонна; 2 – соляной пласт; 3 – водоподающая колонна;
 4 – рассолоподъемная колонна; 5 – водопровод; 6 – рассолопровод; 7 – трубопровод для
 подачи нерастворителя; 8 – нерастворитель

При управляемом методе размыва, для получения рассола промышленной концентрации (305–310 г/л) отработка продуктивной толщи ведется в камерах ступенями снизу вверх. К кровле камеры подается нерастворитель – нефть, керосин, воздух, предохраняющие потолочину от растворения. Нерастворитель легче заполняемого рассола, поэтому он находится всегда в верхней части камеры размыва. Рассол под давлением извлекается по рассолоподъемной колонне на поверхность.

От скважины по трубопроводам рассол направляется через контрольно-распределительный пункт в резервуары некондиционного рассола. Затем транспортируется к потребителю – солезаводу. Рассолы, получаемые методом подземного растворения каменной соли, являются исходным сырьем для извлечения пищевой соли, хлора, соды и других продуктов.

3.3. Добыча каменной соли открытым способом

Глубина залегания каменной соли предопределяет применение различных способов разработки месторождений. Когда верхний горизонт соляного пласта находится на небольшой глубине, применяется открытый способ разработки соляных пластов. Соль

таким способом добывается на глубине до 20 метров, а иногда и до 150 метров. Для добычи соли открытым способом обустраивается карьер. На первом этапе, для вскрытия пласта каменной соли, удаляется верхний слой покрывающих пород. Для удаления верхнего покрывного слоя мягких пород применяются экскаваторы, грейферы, бульдозеры. При наличии в покрывающем слое скальных пород используются взрывные работы. Раздробленная и разрыхленная горная масса вскрышных пород транспортируется в отвал.

Для добычи каменной соли и ее разрыхления применяется энергия взрыва. Самоходными буровыми машинами осуществляется бурение скважин, которые заряжаются взрывчатыми веществами и взрываются.

На соляных карьерах все основные горные работы механизированы. На крупных солепромыслах применяются экскаваторы, грейферы, буровые машины, скреперы, механические лопаты и другие машины и механизмы. Каменная соль, разрыхленная взрывными работами, погружается в автосамосвалы и транспортируется к месту дальнейшей переработки.

Одним из недостатков добычи соли открытым способом является ее загрязнение наносами пыли и главное – заливание карьера атмосферными осадками и почвенными водами. Открытый способ имеет ряд преимуществ по сравнению с подземным: высокая безопасность и лучшая санитария, возможность селективной выемки, более полное извлечение каменной соли.

Капитальные затраты и сроки строительства карьера меньше чем шахты. С увеличением глубины карьера себестоимость добычи соли увеличивается. Предельной глубиной карьера считается такая глубина, при которой добыча соли открытым и подземным способами имеет одинаковую стоимость.

В общем объеме добычи каменной соли открытый способ составляет около 5 %. Наиболее широкое распространение открытый способ добычи каменной соли получил на солепромыслах Средней Азии.

3.4. Шахтная добыча каменной соли

Когда мощные пласты каменной соли или соляной купол залегают на глубине более 100 м, а иногда – до 600 м, разработку солей ведут подземным (шахтным) способом. Соль, возникшая

многие миллионы лет назад, находящаяся глубоко в недрах земли, с течением времени превратилась в твердый монолит и стала каменной.

В настоящее время более 61 % мирового объема производимой соли добывается шахтным способом. В России из общего объема получаемой соли шахтным способом добывается 23 %, в США – 33 %, Германии – 50 %, Украине – 90 %.

Как и любое горное производство, добыча каменной соли начинается со вскрытия месторождения. Для этих целей ведется проходка вертикального ствола. Ствол, как главная горная выработка, выполняет ряд функций: спуск и подъем рабочих, выдача на поверхность горной массы, спуск в шахту материалов и оборудования. Стволы проходятся круглой и прямоугольной формы. На рис. 3.10 показана технологическая схема проходки ствола.

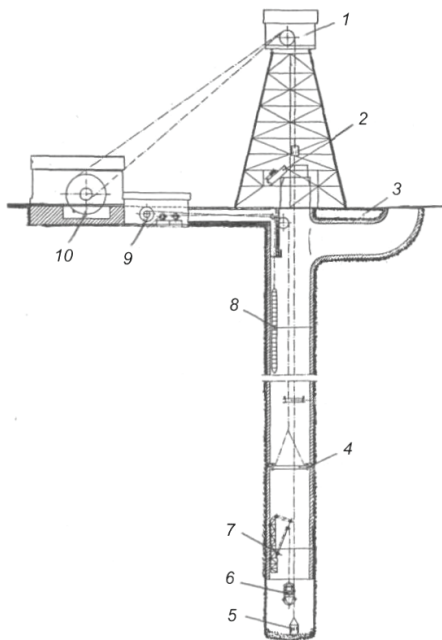


Рис. 3.10. Схема строительства вертикального ствола шахты:

- 1 – надшахтный копер; 2 – узел разгрузки породы; 3 – вентиляционный канал;
- 4 – подвесной полук; 5 – бадейка для породы; 6 – грейферный погрузчик; 7 – оборотный кран; 8 – аварийный подъемник; 9 – лебедка для удержания подвесного полка;
- 10 – подъемная машина

При проходке ствола по крепким породам применяются буровзрывные методы. На забое ствола буровой машиной бурятся шпуры, которые заряжаются взрывчаткой и взрываются. Разрушенная горная порода погружается грейферным погрузчиком 6 в грузовой сосуд (бадью) 5 и поднимается на поверхность подъемной машиной 10, где разгружается. После проходки ствола он закрепляется бетонными или чугунными тубингами, оборудуются скиповые и клетьевые подъемы, на поверхности шахты монтируется копер с главной подъемной машиной (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Общий вид главного подъема соледрудника Соль-Илецк (Россия)

Каменная соль, как мы знаем, залегает в виде штоков значительных размеров, куполов или мощных пластов. Для разработки таких месторождений применяется камерная система без крепления выработанного пространства. Ширина камер составляет 15–30 м, длина 25–50 м и более. Высота камер может достигать 25–30 м и более. Между камерами, для поддержания толщи пород в кровле, оставляются целики соли шириной, равной ширине камеры.

Камерной системой разрабатываются месторождения каменной соли в Украине, Беларуси, России, США, Германии, Италии и других странах. Камерная система разработки обладает положительными и отрицательными качествами. Достоинство системы, позволяющее

эффективно применять ее на всех рудниках – это отсутствие технологических процессов управления кровлей, вследствие чего производительность труда выше, а себестоимость добычи соли ниже в сравнении с другими системами разработки; возможность применения наиболее мощной высокопроизводительной горной техники в условиях больших выработанных пространств; более высокая концентрация горных работ, хорошие условия вентиляции.

В то же время камерной системе разработки присущ ряд недостатков, главными из которых являются большие потери соли в целиках (до 60–70 %), потребность обеспечения длительной устойчивости горных выработок.

Добыча соли в камерах осуществляется двумя способами: выемкой камерных запасов соли при помощи буровзрывных работ и комбайновым (машинным) способом без применения буровзрывных работ. Взрывная отбойка каменной соли применяется на солерудниках России, Украины, Германии и др. стран.

На каменно-соляных рудниках России отбойка соли в камерах производилась двумя способами: при помощи мелкошпуровых и скважинных зарядов. Многие годы на рудниках существовал мелкошпуровой способ отбойки соли. При этом технология отработки камерных запасов соли включала три этапа (стадии). На первой стадии производилась выемка забоем-лавой нижней подсечки – выработки высотой 3–5 м на всю ширину камеры участками 30 м длиной. Затем велась отработка камеры на высоту 10–11 м потолкоуступным забоем с магазинированием взорванной соли. На третьей стадии потолкоуступным забоем производилась очистная выемка на полную высоту камеры (30 м).

Отбойка соли как в нижней подсечке, так и в забоях последующих стадий выемки осуществлялась с помощью буровзрывных работ с ручным бурением шпуров (цилиндрических горных выработок диаметром до 75 мм и глубиной до 5,0 м). Погрузка взорванной соли в шахтные вагонетки производилась с помощью скреперных установок на базе лебедек 55-ЛС, 75-ЛС и др. Груженные вагонетки емкостью 1–1,5 т транспортировались к стволу рудника.

Применение мелкошпурового способа при отработке камер было малоэффективным. Дальнейшим развитием технологии добычи соли с применением буровзрывных работ явилась технология со скважинной отбойкой вместо мелкошпуровой.

Эта технология предусматривает проведение верхней и нижней подсечек, бурение и взрывание восходящих скважин (выработок круглого сечения, диаметр которых много меньше их глубины). Взорванная соль погрузочными машинами грузится в самоходные вагоны и доставляется к стволу. Для проведения подсечек в камере применяются проходческо-очистные комбайны типа ПК-8 и Урал 10 КС.

Взрывная отбойка каменной соли применяется и на Солотвинском солеруднике (Украина). Разрушенная скважинными зарядами горная масса, скреперами подается в гезенк, откуда через бункер поступает на откаточный горизонт в вагонетки (рис. 3.12).

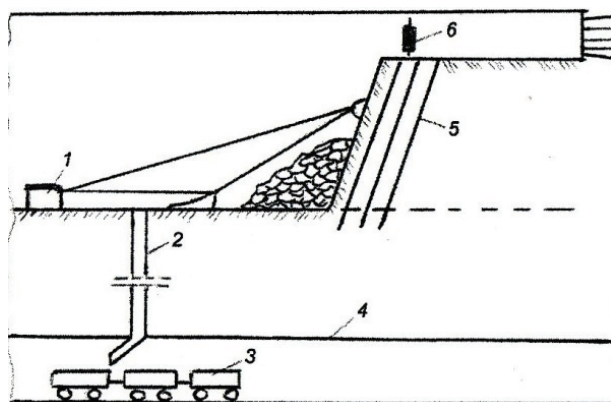


Рис. 3.12. Добыча каменной соли на Солотвинском солеруднике (Украина):
 1 – скрепер; 2 – гезенк; 3 – вагонетки; 4 – откаточный горизонт; 5 – взрывные скважины; 6 – буровая установка

Для улучшения дробления соли применяется короткозамедленное взрывание зарядов. Верхняя подсечка камеры осуществляется бурением и взрыванием шпуровых зарядов.

Машинная добыча каменной соли – новый этап в технологии разработки каменно-соляных месторождений. Были освоены и внедрены комбайны типа ПК-8 и «Урал» для проведения капитальных и подготовительных выработок, а также добычи соли.

Что собой представляет современный проходческо-добычной комбайн? Это массивная металлическая конструкция на гусеничном ходу с рабочим органом режущего и скальвающего действия и транспортером для доставки соли от забоя к транспортному средству.

На соляных рудниках применяются комбайны стреловидного типа и роторные. 85 % горных выработок проходятся комбайнами (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Общий вид комбайна типа «ПК-8» для проведения горных работ по солям

Технология машинной добычи соли успешно применяется на соляных рудниках России: Илецком и Тыретском. При машинной добыче соляной пласт разрабатывается послойно комбайнами типа «Урал 10КСА». Отгрузка соли осуществляется самоходными вагонами ВС15М.

На Илецком солеруднике ширина камер составляет 30 м, длина 500 м; камеры разрабатываются комбайнами послойно, соль поступает к главному стволу транспортерами. Илецкий солерудник является самым крупным в России.

На Тыретском солеруднике соль добывается на глубине свыше 500 м. Пласт соли мощностью свыше 16 м разрабатывается камерной системой, а также комбайнами с машинной выемкой соли. При каждом проходе комбайна образуется выработка овально-арочной формы сечением 15,5–20,2 м².

Добытая комбайнами соль по конвейеру транспортируется в главный бункер – накопитель на 800 т. Далее соль загружается в скипы грузоподъемностью 14 т и поднимается на поверхность с помощью подъемной машины.

В условиях Артемовского солерудника (Украина) отработка камерных запасов соли ведется сверху вниз послойно на всю высоту камеры (рис. 3.14). Использование комбайна 1 позволило внедрить на руднике поточную технологию с применением самоходного оборудования. Сущность ее заключается в том, что на транспортном горизонте устанавливается скрепковый конвейер 2, а для доставки соли с выемочного слоя на транспортный горизонт используются солеспускные скважины 3. Бурение скважин осуществляется буровыми станками БГА-4М. Отбойка соли ведется комбайновым комплексом «Урал 10КСА» с производительностью 650 т/смену.

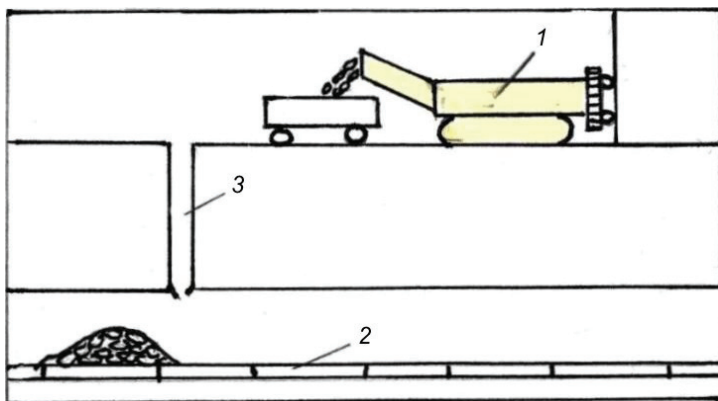


Рис. 3.14. Схема комбайновой добычи соли на Артемовском солеруднике (Украина):
1 – комбайн; 2 – скрепковый конвейер; 3 – солеспускные скважины

Переход на машинную комбайновую отработку камер объясняется значительными преимуществами новой технологии по сравнению с технологией буровзрывных работ. Основные из них: резкое уменьшение числа (с 13–14 до 3–4) технологических процессов, повышение безопасности труда, снижение потерь полезного ископаемого в недрах. Благодаря существенным преимуществам производительность труда на подземных работах возрастает в 2,0–2,7 раза.

При комбайновой выемке каменной соли образуются устойчивые выработки (камеры) эллипсовидной формы (рис. 3.15).



Рис. 3.15. Форма выработок, пройденных в каменной соли комбайном «Урал»

Высокий уровень механизации добычи каменной соли достигнут во многих странах. Самые большие соляные шахты в мире находятся на крупнейшем острове средиземноморья – Сицилии (Италия). Здесь горные работы ведутся при помощи соледобывчных машин.

Добыча каменной соли в камерах осуществляется соледобывчными машинами со специальной режущей головкой на которой установлены резцы (рис. 3.16).

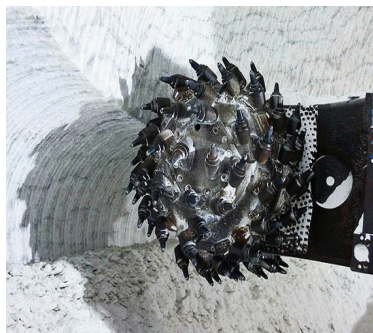


Рис. 3.16. Специальная режущая головка для добычи соли

Добытая в камере каменная соль транспортерами доставляется к стволу для последующего подъема на поверхность (рис. 3.17). Дальше путь соли лежит к морским портам Эмпедокле, откуда она отправляется в северную часть Италии и Европу.

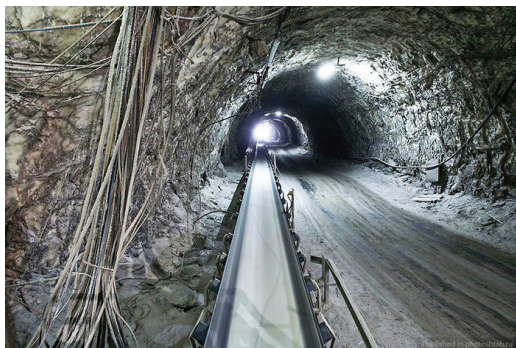


Рис. 3.17. Доставка соли транспортером к стволу шахты

На соляных рудниках ФРГ камерная система разработки заключается в том, что камеру разбивают на две части: верхнюю и нижнюю. Верхнюю часть высотой до 3–4 м и шириной, равной ширине камеры, проходят на всю ее длину узким забоем, затем нижнюю часть высотой 5–6 м отбивают параллельными скважинными зарядами. Бурение ведется самоходными буровыми агрегатами.

Применяется многорядное короткозамедленное взрывание, что обеспечивает качественное дробление соли. После отбойки соли, она погружается самоходным погрузчиком или экскаватором в самоходные вагоны и транспортируется к стволу (рис. 3.18).



Рис. 3.18. Погрузка соли экскаватором в самоходные вагоны (ФРГ)

Раздел 4

КАЛИЙНЫЕ СОЛИ

Выше речь шла о поваренной соли. Однако, в жизни человека большую роль играют и калийные соли. Их объединяет многое: название – соль, происхождение, залегание и значение. Калийные соли являются наиболее необходимым элементом, играющим важную роль в развитии биологической продуктивности растений.

О значении калийных солей для увеличения сельскохозяйственного производства говорит тот факт, что 90 % калийных солей используются для производства калийных удобрений. С учетом дальнейшего роста населения (на Земле уже проживает 7 млрд. человек), сокращения пахотных земель, ликвидации бедности, первостепенная задача состоит в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. И в этой связи, значение калийных солей – огромно.

4.1. Что представляют собой калийные соли

Вместе с фосфором и азотом калий входит в триаду жизни растительного мира. В первую очередь это тот минерал, который необходим растениям для их роста, защиты от заболеваний, засухи и морозов.

В породах земной коры он составляет 2,6 %. В гораздо меньших концентрациях он находится в океанической воде (только 0,029 %), хотя реки и подземные воды ежегодно выносят в океаны огромное количество растворимого калия.

Под общим названием «калийные соли» понимаются осадочные породы с легко растворимыми в воде калийными и калиево-магниевыми минералами, важнейшими из которых являются: каинит, полигалит, карналлит, сильвин, лангбейнит. Процентное содержание отдельных минералов и их химический состав представлены в табл. 4.1.

Калийные руды обычно именуется по преобладанию в них того или иного калийного минерала: карналлитовая – 45–85 % карналлита и 18–50 % галита с невысоким содержанием сильвина, ангидрита, глинистых минералов и карбонатов; сильвинитовая – 95–98 % сильвинита и галита, остальное – нерастворимый остаток; каинитовая – 15–90 % каинита, остальное – примесь других минералов.

Таблица 4.1. Содержание минералов в калийных солях

№	Минерал	Содержание в калийных солях (в %)	Формула
1	Сильвинит	52,44	KCl
2	Карналлит	35,8	$KClMgCl_2 \cdot 6H_2O$
3	Каинит	14,07	$KClMgSO_4 \cdot 3H_2O$
4	Полигалит	12,97	$K_2SO_4MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$
5	Лангбейнит	18,84	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$

Названия минералов, входящих в состав калийных солей, имеют свою историю. Ученый Бедан в 1832 г. предложил дать название минералу KCl в честь голландского физика XVII века Ф. де Ла-Боэ, прозванного Сильвиусом (рис. 4.1). Так появилось название сильвина – важнейшего составляющего калийной соли. Он был обнаружен в небольших количествах в залежах каменной соли около гор Хаплейн (Австрия).



Рис. 4.1. Ф. де Ла-Боэ (1614–1672)

Каинит получил название от греческих слов «поли» и «галит», означающих «много» и «соль». Карналлит и лангбейнит названы в честь немецких ученых – горного инженера Р. фон Карналла и химика А. Лангбейна.

Наиболее «богатыми» (по среднему содержанию полезного вещества – калия) являются сильвинитовые руды, содержащие смесь сильвина и галита. Наиболее «бедными» по содержанию калия являются карналлитовые руды.

4.2. Как образовались калийные соли

Образование калийных солей длилось тысячелетиями. Как и поваренная пищевая соль, калийные соли образовались в результате испарения и последующего охлаждения рапы калийных водоемов на части площади галитовых водоемов.

Образование калийных месторождений происходило в геологические эпохи с сухим и теплым климатом. Наиболее благоприятные условия для накопления соленосных калийных формаций были в девонском, пермском и неогеновом периодах. Известны концентрации калийных солей в озерных отложениях Эритреи и рассолах Мертвого моря.

Верхнекамское месторождение калийных солей в Предуралье образовалось в результате отступления открытого моря и продолжающихся поднятий и горообразований в этом районе. Здесь образовалась лагуна. Вода в условиях засушливого климата испарялась, через пролив с севера соленая вода непрерывно поступала из океана. Лагуна все больше осолонялась, а затем при ее высыхании накапливались калийно-магниевые соли. Полагают, что соленакопление происходило здесь быстро: на образование гипсоангидритовой толщи ушло 200 тыс. лет, а солей – всего 15–17 тыс. лет. В начале XV века в Приуралье производилась добыча поваренной соли, и только в начале XX века были открыты мощные залежи калийных солей.

Около 300 млн. лет назад в конце девонского периода геологической истории образовалось Старобинское (Беларусь) месторождение калийных солей. На месте нынешнего Полесья находилось море с обширными лагунами. В результате активных испарений, прогибов дна бассейна и вследствие вертикальных колебательных движений сформировались отложения натрия и калия, чередовавшихся с глинисто-карбонатными слоями.

Крупнейшие залежи калийных солей в Европе в Северо-Германской низменности образовались 258–248 млн. лет назад в морском бассейне, простиравшемся от Великобритании через Северное море до Дании, Германии и Польши. Накопление соли происходило в лагунах теплого моря, где испарение воды шло на протяжении длительного периода времени.

Связь с океаном неоднократно прерывалась. Вначале осаждались известь и ангидрит, затем галит. Легкорастворимые соединения калия и магния кристаллизовались позже.

4.3. Свойства калийных солей

Важнейшими показателями промышленной значимости калийных солей являются химический и минеральный составы, а также физико-химические и физико-механические свойства (табл. 4.2). Они лежат в основе изучения качества и технологических особенностей солей и являются определяющими для геолого-промышленной оценки месторождения и выбора технологических параметров.

Таблица 4.2. Состав и свойства важнейших минералов калийных солей

№	Минерал	Содержание основных компонентов, %	Плотность, г/см ³	Твердость по Моосу	Физико-химические свойства
1	Сильвин	K – 52,4 CL – 47,6	1,97–1,99	1,5–2,0	Легко растворим в воде, почти не гигроскопичен, хрупкий, при давлении пластичен
2	Карналлит	K – 14,1 Mg – 8,7 CL – 38,3 H ₂ O – 38,9	1,6–1,9	1,5–2,5	Легко растворим в воде, сильно гигроскопичен, на воздухе разлагается, очень хрупкий
3	Каинит	K – 14,0–18,0 SO ₃ – 28,3 CL – 14,0–19,0 H ₂ O – 18,0–21,0 MgO – 15,0–17,0	2,13–2,15	2,5–3,0	Легко растворим в воде, не гигроскопичен, на воздухе покрывается налетом шеенита и эксомита
4	Лангбейнит	MgO – 19,0–20,0 SO ₃ – 43,0–58,0 K ₂ O – 22,2–22,7	2,83	3,0–4,0	В воде растворяется медленно, на воздухе покрывается налетом шеенита и эксомита, хрупкий

Из физико-механических характеристик калийных руд наиболее представительными являются пределы прочности на одноосное сжатие и растяжение, упругие и реологические свойства. Так, предел прочности на одноосное сжатие R в среднем составляет: каинита – 40–43,5 МПа, сильвинита – 25–30 МПа, каинито-лангбейнита – 43–45 МПа. Предел прочности на растяжение составляет $1/20 R$, на изгиб – $1/5–1/6 R$.

Модуль упругости каинитовых и каинито-лангбейнитовых руд составляет $(2,5-3)10^4$ МПа, сильвинитовых – $(2,2-2,3)10^4$ МПа. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,32-0,35$; угол внутреннего трения $\varphi = 20-30^\circ$. Предел длительной прочности калийных солей в среднем составляет $R_{dl} = 0,4 R$.

В связи с течением соли, при деформации калийных солей с образованием соляных антиклиналей, брахиантиклиналей и штоков, резко усложняются условия залегания калийных пород.

4.4. Применение калийных солей

С открытием месторождений калийных солей в середине XIX века в Германии они приобрели широкомасштабное значение. Это было ответом на обозначившуюся в то время невозможность прокормить растущее население планеты, используя старые методы земледелия. Калий становится одним из элементов, готовящих новую промышленную революцию 1870–1914 годов.

С появлением калийных солей они стали незаменимыми как минеральное удобрение, резко повышающее урожайность сельскохозяйственных культур. Примерно 90 % калийных солей используется для получения калийных удобрений. Для оценки качества и количества этих удобрений используется показатель питательного вещества K_2O .

Известны данные, что 1 тонна K_2O дает прирост 40 т сахарной свеклы, 60 т картофеля, 4 т озимой пшеницы, 2 т хлопка-сырца, а также повышает плодovitость садово-огородных культур.

Агрохимической промышленностью выпускаются как простые, так и концентрированные калийные и калийно-магниевые удобрения, получаемые путем переработки сильвинитов, карналлит-сильвинитовых, карналлитовых, реже каинитовых, каинит-лангбейнитовых руд. В качестве дефицитных калийно-магниевых и сульфатных калийных удобрений используются сернистый калий, калимагнезий.

Освоение громадных подземных запасов калийных солей обеспечило сельское хозяйство развитых стран мира совершенно необходимым минеральным сырьем. И не случайно именно в странах Западной Европы и Северной Америки на протяжении многих лет получают устойчивые высокие урожаи.

В настоящее время потребление калийных удобрений (в кг) на 1 га посевов по странам мира следующее: в Бельгии – 97, Германии – 77, Нидерландах – 65, Дании – 61, Норвегии – 53, Англии – 36, США – 30–40. В странах СНГ – в 3–4 раза меньше, чем в США.

Десятая часть калийных солей имеет довольно широкое применение во многих отраслях промышленности. Калиевые соединения используются как катализатор в производстве некоторых видов синтетического каучука. Сплав калия с натрием служит теплоносителем в атомных реакторах. Цианистый калий основной компонент, применяемый для извлечения золота и серебра. Бромистый калий незаменим в фотографии, иодистый калий – в медицине, углекислый калий – в стекольном и мыловаренном производстве, фосфаты калия – компоненты моющих средств.

Получаемый при переработке карналлита хлористый магний является исходным продуктом для получения окиси магния и металлического магния. Металлический магний, в свою очередь, используется в авиационной и автомобильной промышленности для получения легированных сплавов.

4.5. К истории калийных солей

Человечество добывало поваренную соль с давних времен. Как упоминалось в разделе 3, ее выпаривали из морской воды и соляных озер, добывали под землей, отбивая клиньями глыбы каменной соли от массива. Солекопы встречали соль и другой окраски – розовой, голубоватой, горькой на вкус и считали ее «пустой» породой не думая, что пройдут столетия и эти соли, название которых калийные, станут главным источником получения калийных удобрений.

Издавна обычным калийным удобрением была зола, остающаяся после сжигания различных растений, торфа, горючих сланцев. Но она не могла восполнить потери почвенного калия. Нужно было найти новый источник получения калийных соединений. И он был найден. Это воды морей и океанов, а также недра земли. Они обладают неисчерпаемыми запасами калийных солей.

Нидерландский ученый, первый лауреат Нобелевской премии по химии (1901 г.) Якоб Хендрик Вант-Гофф в 1896 году предложил извлекать соли калия из вод и установил порядок их выпадения из рассолов (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Якоб Хендрик Вант-Гофф (1852–1911 г.г.)

Его идеи воплотила в жизнь плеяда выдающихся ученых XX века, создав технологические системы добычи калия. Среди них были и ученые из бывшего Советского Союза – Николай Семенович Курнаков и Михаил Георгиевич Валяшко. Своими работами эти ученые открыли путь кристаллизации солей из морской воды. В результате мир получил большое количество жизненно важных веществ: хлориды и сульфаты натрия, калия, магния, кальция, карбонаты натрия.

Калийные соли хорошо растворимы и легко уносятся водой. Это создавало трудности. Поэтому в самосадных соляных озерах их количество оказалось незначительным. Теоретические разработки ученых вдохновили геологов на поиски месторождений, расположенных в недрах земли.

Первые залежи калийных солей были найдены в Штасфурте (Германия) в 1843 году. В пределах Северо-Германской низменности на площади более 150 тыс. км² была обнаружена группа месторождений. Люди издавна здесь добывали пищевую каменную соль. В ее толщах красно-оранжевые и желтые пласты, содержащие калиевые минералы (сильвин, карналлит и кизерит) считали бесполезными пустыми породами, осложняющими добычу каменной соли. В середине XIX века, когда начались поиски источников для калийных удобрений, исследователи обратили внимание и на те породы, которые ранее были ненужными.

Началось бурение, в результате которого было установлено, что вперемежку со слоями галита расположены крупнейшие залежи калийных солей, мощность которых превышает 1 000 м.

С 1860 года началась новая жизнь старых соляных рудников, переключившихся на добычу дефицитного полезного ископаемого – калийных солей. Впоследствии добыча калийных солей привела к созданию в Германии мощной химической индустрии и монопольному производству калия.

История добычи калийных солей и зарождение калийной промышленности в царской России начиналась позже. Попытки установить наличие калийных солей в залежах поваренных солей на Соликамской земле в Прикамье, где добывалась половина всей российской поваренной соли, предпринимались неоднократно.

Еще в 1816 году в газете «Казанский листок» была опубликована заметка географа С.Н. Попова, в которой отмечалось, что иногда в белоснежной поваренной соли наблюдались красноватые примеси, придававшие ей горький вкус.

В 1906 году при проходке Людмилинской скважины, расположенной на правом берегу реки Усолька, на глубине 97,9 м была встречена темно-красная соль, в которой было выявлено значительное содержание калия. В 1916 году академик Н.С. Курнаков (рис. 4.3) исследовал образцы красной соли и обнаружил в них содержание KCl – 33,69 %. По химическому составу соль была определена как сильвинит.

Прогноз академика Н.С. Курнакова о наличии в этом районе залежей калийных солей оправдался. Промышленные разведочные работы на соли калия и магния впервые начались в 1925 году под руководством профессора Пермского университета Павла Ивановича Преображенского (рис. 4.4).



Рис. 4.3. Курнаков Н.С. (1860–1941 г.г.) Рис. 4.4. Преображенский П.И. (1874–1944 г.г.)

В октябре 1925 года на расстоянии 300 м от Людмилинской скважины была пробурена скважина № 1, в которой на глубине около 100 метров была вскрыта толща калийных солей. В 1926 году все заложенные скважины также вскрыли мощную толщу калийных залежей. Так было открыто крупнейшее в мире Верхнекамское калийное месторождение, первооткрывателями которого были академик Н.С. Курнаков и профессор П.И. Преображенский. 1925 год считается «днем рождения» отечественной калийной промышленности.

Добыча калийных солей в СССР началась с пуском Соликамского комбината. В 1931 году были начаты работы по проходке ствола № 1 Березниковского калийного рудника. В 1944 году Березниковский рудник выдал первые тонны карналлита, а в 1945 году начата добыча сильвинита.

Интенсивно Верхнекамское месторождение начало осваиваться с 60-х годов прошлого столетия. Тогда было построено пять мощных калийных предприятий (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Строительство вертикального ствола калийного рудника

Сегодня центральную часть Верхнекамского месторождения разрабатывают калийные рудники ОАО «Сильвинит», запасы же южной части эксплуатируют рудники ОАО «Уралкалий», представляющие собой мощные современные горнопромышленные комплексы, с ежегодной добычей в среднем 4,0 млн. т.

Калийные соли в Украине добываются во Львовской и Ивано-Франковской областях. В этом районе Предкарпатского калиеносного

бассейна в 1826 году сначала были обнаружены пласты каменной соли, а позже и залежи калийных солей. Промышленное освоение солей началось в конце 60-х годов XIX века. В 1939–1941 г.г. были выявлены новые калийно-магниевые месторождения: Калуш-Гольинское и Стебниковское, составившие основную базу калийной промышленности Украины.

В 1949 году было открыто Старобинское месторождение калийных солей в Беларуси – одно из крупнейших в мире. Оно представлено сильвинитом, карналлитом и каменной солью. Освоение месторождения началось в 1958 году со строительства Первого Солигорского калийного комбината, введенного в эксплуатацию в 1961 году.

Были разведаны крупные месторождения калийных солей в Казахстане и Туркмении.

В 80-х годах прошлого столетия в СССР была создана мощная база калийной промышленности, в которую входили пять рудников Верхнекамского, четыре – Старобинского, рудник и карьер Калуш-Гольинского, два рудника Стебниковского месторождений. Это позволило довести добычу калийной соли до 8 млн. тонн.

Оснащение калийных рудников в СССР проходило в три периода. Первый период (1933–1965 г.г.) характеризовался применением камерной системы разработки, буровзрывного способа выемки солей, применением электросверл, скреперных лебедок, электровозного и конвейерного транспорта в выработках (рис. 4.6).



а)



б)

Рис. 4.6. Первые этапы механизации добычных работ на калийных рудниках:
а) – транспортировка руды; *б)* – бурение шпуров электросверлами

Второй период (1965–1975 г.г.) связан с бурным ростом механизации горных работ, началом перехода к комбайновому способу выемки калийных солей, использованию самоходного добычного оборудования и непрерывного транспорта (рис. 4.7), что позволило СССР выйти на первое место в мире по добыче калийных солей.

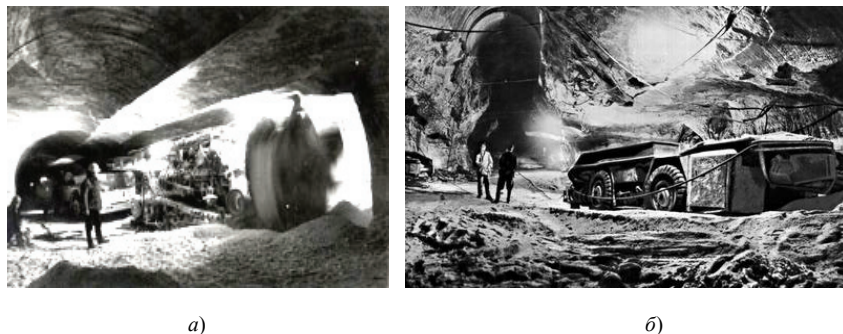


Рис. 4.7. Первые комбайны (а) и самоходное погрузочно-транспортное оборудование (б) на калийных рудниках

Третий период начался с середины 70-х годов. Он характеризовался интенсивным освоением прогрессивных технологических решений при добыче калийного сырья: разработкой залежей длинными столбами, переходом от валовой к селективной выемке, что позволило значительно увеличить производительность труда, в 1,5–2 раза повысить извлечение руды из недр и улучшить их качество. Осуществлено широкое внедрение новых типов комбайнов и самоходных погрузочно-транспортных комплексов.

XX столетие характеризовалось расширением географии стран, добывающих калийные соли. Разработка калийных месторождений осуществлялась в Канаде (провинция Саскачеван), США (штаты Калифорния, Нью-Мексика), Франции (Эльзас), ФРГ (Нижняя Саксония, Гессен), Италии (остров Сицилия), Испании (провинция Наварро) и др.

4.6. Месторождения калийных солей

Основные месторождения калийных солей приурочены к геологическим периодам среднего девона и перми и, в основном, сосредоточены в Европе и Северной Америке.

Калийные соли образуют самостоятельные месторождения или встречаются в виде отдельных пластов на других месторождениях. Пласты калийно-магниевых солей (карналлит, каинит, лангбейнит) обычно залегают вместе с пластами калийных солей (сильвинит), часто наблюдаются пласты переходного состава (смешанные соли).

Месторождения калийных солей в зависимости от источников питания солеродных бассейнов делятся на два типа: морские и континентальные.

Соли месторождений морского типа (калийные, калийно-магниевые, магниевые) накапливались во впадинах, связанных с морем. Месторождения континентального типа формировались в бессточных впадинах, питавшихся главным образом за счет речного стока. Месторождения данного типа редкостны и их промышленное значение ограничено.

Первоначальная форма залежей калийных солей (пластовая или линзообразная), их размеры и строение определялись размерами водного бассейна. В результате последующих геологических процессов первоначальное залегание соляных толщ нередко нарушалось с внедрением в них галогенных пород.

Калийные и калийно-магниевые соли делятся на бессульфатные (хлоридные) и сульфатные. По запасам, месторождения калийных солей делятся на четыре группы: весьма крупные, крупные, средние и мелкие (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Запасы месторождений основных видов калийных солей, млн. т

Полезное ископаемое	Месторождения (млн. т)			
	Весьма крупные	Крупные	Средние	Мелкие
Хлоридные калийные и калийно-магниевые соли	> 500	500–150	150–50	<50 (в пересчете на K ₂ O)
Сульфатные калийные и калийно-магниевые соли	>150	150–50	50–10	<10 (K ₂ O)

Крупнейшие калиеносные бассейны мира представлены в табл. 4.4.

Наиболее широко в отраслях экономики используются бессульфатные (хлоридные) соли. На их долю приходится 90 % разведанных запасов в странах СНГ. Содержание в них K₂O (окиси калия) колеблется от 10 до 28 %. Наиболее распространены

сильвинитовые и карналлитовые калийные руды. Они представлены в большинстве калиеносных бассейнах: Верхнекамском (Россия), Предкарпатском (Украина), Припятском (Беларусь), Карлюкском (Туркмения) и др.

Таблица 4.4. Калиеносные бассейны мира

Наименование	Запасы K_2O , млн. т	%
Верхнекамский	18 582	46,2
Саскачеванский	14 500	36,0
Припятский	1492	3,7
Прикаспийский	1482	3,7
Центрально-Европейский	1220	3,0
Среднеазиатский	736	1,8
Украино-Предкарпатский	375	0,9
Сакхон-Накхон	300	0,7
Прочие	1520	4,0
Итого	40187	100

Вертикальная мощность калиеносных горизонтов составляет: на Верхнекамском месторождении – 100–110, Верхнепечорском – 20–40, Старобинском – 200–260, Карлюкском – 80–300 м. Мощность отдельных пластов калийных и калийно-магниевых солей в пределах горизонта изменяется от 0,5 м до десятков метров.

Самыми крупными калиеносными бассейнами в мире являются Верхнекамский в России и Саскачеванский в Канаде, на долю которых приходится 82,2 % учтенных мировых запасов K_2O . Известно, что месторождения калийных солей имеются в 20 странах.

Основной сырьевой базой калийной промышленности России является Верхнекамское месторождение. Пласты калийных солей здесь сложены сильвинитами и карналлитами, образующими компактную залежь в мощной толще (300–500 м) каменной соли.

Эта гигантская линзообразная залежь вытянута с севера на юг на 205 км, шириной до 55 км занимает площадь 3,5 тыс. км². Особенностью Верхнекамского месторождения является безводность соляных отложений. Породы, залегающие над соляным пластом, являются водоупором и составляют водозащитную толщу.

Верхнекамское месторождение представлено промышленными пластами: сильвинитовыми – мощностью 6–8 м и 2,5–3 м, соответственно, и карналлитовым мощностью 6–18 м.

Не менее крупное месторождение калийных солей расположено в Беларуси – Старобинское. Месторождение представлено сильвинитом, карналлитом и каменной солью. Калийные пласты располагаются внутри пластов каменной соли. Всего на месторождении выявлено несколько горизонтов, однако промышленный интерес представляют четыре.

Тектоника Старобинского месторождения обусловила залегание калийных горизонтов на различных глубинах от 400 до 1 200 м и более. Мощность пластов колеблется от 4 до 20 метров.

Калийную промышленность Украины представляют месторождения Предкарпатья, расположенные в Ивано-Франковской и Львовской областях. Месторождения простираются на территорию 300 км² от подножья Карпат с северо-запада на юго-восток. Из Прикарпатских месторождений калийных солей наиболее крупными являются Калуш-Голыньское и Стебниковское.

Залежи калийных солей располагаются многоярусно; пласты калийной соли смяты в складки, интенсивность которых на площадях, расположенных ближе к Карпатам, увеличивается, а в направлении к платформе – уменьшается. Месторождения представлены пласто- и линзообразными образованиями, мощность которых колеблется от 0,5 м до 60–100 метров.

Залежи Калуш-Голыньского месторождения калийных солей имеют форму пластообразных линз, вытянутых по простиранию на 1,5–5,0 км. Мощность пластов достигает нескольких десятков метров, падение пластов от 0 до 40°.

Калийные залежи имеют очень разнообразный и сложный минералогический состав. В Голыньской синклинали преобладают лангбейнито-каинитовые породы, но местами имеются и более значительные линзы сильвинитов. В Калушской синклинали распространены сильвиниты. Пласты калийно-магниевых солей образуют различные по форме складчатые структуры, обособленные взбросами и надвигами и осложненные сдвигами.

В тектоническом отношении Калуш-Голыньский район относится к платформенной части внутренней зоны Предкарпатского прогиба.

Стебниковский калиеносный район расположен в краевой зоне Предкарпатского передового прогиба. Здесь третичные песчано-

мергелистые отложения образуют крупную антиклинальную складку, на северо-восточном крыле которой находятся пласты каинито-лангбейнитовых солей.

Длина рудных тел изменяется от нескольких десятков метров до километра, мощность – от 2 до 200 м, угол падения 20–90⁰, глубина залегания 70–800 м.

Пласты калийных солей сильно измяты и образуют сложные складки. В пределах разведанной части месторождения известно несколько пластов калийных солей, объединенных в четыре калиеносные зоны. По размерам залежи калийных солей весьма разнообразны.

Самое крупное месторождение калийной соли расположено в Канаде в провинции Саскачевань. Его открыли в 1945 году во время бурения на нефть. Месторождение образовалось более 350 млн. лет назад в древнем морском бассейне. Здесь карналлито-сильвинитовые пласты и линзы имеют горизонтальное залегание, однородны по строению и слабо нарушены соляной тектоникой. Открытие Соскачеванского месторождения вывело Канаду на первое место в мировой добыче калийных солей.

Богата калийными солями Западная Европа и в частности Германия. Залежи калийных солей здесь разведаны в пределах позднепермских калийных бассейнов: Ганноверского, Верра – Фульда, Магдебург – Гальбергштадского и др. В Ганноверском бассейне, одном из крупнейших в Германии (мощность залежей до 500 м), месторождение представляет собой пласто-линзообразное однородное строение. Минеральный тип руды представлен карналлитом, сильвинитом и лангбейнитом.

Основной сырьевой базой калийной промышленности Франции является Эльзаское месторождение, открытое в 1904 году. Соляные отложения развиты на протяжении 200 км на площади 55 тыс. км².

Продуктивная залежь представлена двумя пластами калийных солей, сложенных сильвинитом, мощностью 3,0 метра каждый.

В Италии калийные соли представлены месторождениями: Санта-Катрина, Пускуазия, Серрадифалько. Минеральный тип калийных руд: сильвинит, карналлит, каинит.

Месторождения калийных солей имеются и во многих других странах, среди которых: Делаверский бассейн и Большое соляное озеро в США, Мертвое море в Израиле, Таиландский бассейн в Таиланде, бассейны Такари-Вассукас в Бразилии, Неукеи в

Аргентине, Цуадамский в Китае, что обеспечит в XXI веке увеличение мощностей по выпуску калийных удобрений.

4.7. Мировые запасы и объемы добычи калийных солей

Открытие новых месторождений калийных солей и освоение новых горизонтов на старых площадях позволило в конце XX и начале XXI в.в. создать запасы калийного сырья для обеспечения мощностей добычи на долгосрочную перспективу. Мировые учтенные запасы калийных солей оцениваются в 40 млрд. т, а прогнозные и геологические – во много раз больше. Запасы калийных солей по регионам мира представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5. Мировые запасы калийных солей по регионам

Регионы	Запасы K ₂ O, млн. т	%
Северная Америка	14 687	36,6
Южная Америка	210	0,5
Африка	145	0,4
Европа	23 169	58,6
Азия	1 962	3,9
Австралия	14	–
Итого	40 187	100,0

Более 90 % калийного сырья сконцентрировано в трех странах: России, Канаде, Беларуси. Более 87 % калийных солей добывается в 6 странах: в Канаде – 30 %, России – 19,2 %, Беларуси – 14,2 %, Германии – 9,4 %, Китае – 7,9 % и Израиле – 6,6 %. Запасы калийного сырья по странам мира распределены, как показано в табл. 4.6.

Крупнейшими производителями калийных солей являются: Канада – 10,7 млн. т, Беларусь – 5,5 млн. т, Россия – 5,0 млн. т, Германия – 3,5 млн. т, Израиль – 2,1 млн. т, Великобритания – 0,6 млн. т, Китай – 0,6 млн. т, Украина – 0,1 млн. т. Весь мировой объем калийных руд добывается на 20 месторождениях. Самыми крупными являются Верхнекамское (Россия) и Саскачеванское (Канада), на долю которых приходится 82,2 % мировых запасов.

Таблица 4.6. Запасы калийного сырья по странам мира

Страна	Запасы K_2O , млн. т	%
Россия	20 346	50,7
Канада	14 506	36,1
Беларусь	1 482	3,7
Германия	1 220	3,0
Туркменистан	726	1,7
Таиланд	300	0,8
Прочие	1 613	4,0
Итого	40 187	100,0

Россия занимает второе место в мире, после Канады, по количеству извлекаемых запасов калийных солей. Добычу калийных руд на Верхнекамском месторождении осуществляют две крупные компании ОАО «Уралкалий» (рис. 4.8) и ОАО «Сильвинит», суммарно владеющие 44 % российских разведанных запасов.



Рис. 4.8. Панорама калийного рудника ОАО «Уралкалий»

Россия – один из крупнейших экспортеров калийных удобрений. Она обеспечивает около 15 % мировых экспортных продаж. Высококонцентрированные экологически чистые калийные

удобрения поставляются во многие страны мира. Основные рынки сбыта: Бразилия, Индия, Китай, Малайзия, США, Япония и др.

Сырьевая база калийной промышленности России обладает большими резервами – Восточно-Сибирский калиеносный район, где сосредоточено около 62 % российских ресурсов; Прикаспийский бассейн на территории Оренбургской, Саратовской, Волгоградской и Астраханской областей, где сконцентрировано почти 33 % прогнозных ресурсов страны.

В Беларуси калийная промышленность развивается на базе Солегорского месторождения, одного из мощнейших в Европе. Выпуск хлористого калия осуществляется на четырех рудниках ПО «Беларуськалий» (рис. 4.9). Сегодня в Солегорске выпускается каждая шестая тонна калийных удобрений на земном шаре.



Рис. 4.9. Панорама Солегорского калийного рудника (Беларусь)

Продукция «Беларуськалия» поставляется в Европу, Восточную Азию, страны Средиземноморья – всего в более чем 50 стран. Перспективным в этом районе является вскрытие и подготовка новых площадей Старобинского месторождения.

Суммарные производственные мощности Украины по выпуску калийных удобрений превышают 4 млн. т. Тем не менее фактическая доля их производства не превышает 1 %, хотя имеются достаточные запасы сырья. В Предкарпатском калиеносном бассейне общие запасы K_2O превышают 400 млн. т, обнаружены калийные соли и в Днепроовско-Донецкой низменности.

Украина располагает более 40 млн. гектаров сельскохозяйственных угодий. Для сохранения почвы необходимо ежегодно, кроме других минеральных удобрений, вносить не менее 2 млн. т K_2O . Для удовлетворения потребностей внутреннего рынка за счет собственных калийных месторождений среднегодовая добыча руды должна составить не менее 25 млн. т.

Однако в настоящее время добыча калийных солей на рудниках Украины сопряжена с большими техногенными, экологическими проблемами и трудностями, связанными с поступлением воды в шахты, образованием провалов поверхности и карстовыми процессами.

По запасам калийных солей третье место (после Канады и России) занимает Германия. На шести калийных рудниках здесь ежегодно добывается около 4 млн. т калийной руды.

В XXI столетии главные усилия стран в развитии сырьевой базы объектов калийной промышленности будут нацелены на улучшение их географического размещения и на выявление месторождений вблизи главных потребителей. Приоритет получит освоение бесхлорных сульфатных солей.

По предварительной оценке, мировое производство калийных удобрений за период 2010–2015 г.г. составит 30–35 млн. т K_2O .

4.8. Современные методы и технологии добычи калийных солей

Разработка калийных месторождений подземным (шахтным) методом является основным современным методом и включает все этапы горной технологии: вскрытие месторождения, прохождение системы горных выработок и сам процесс добычи калийных солей.

Горно-геологические условия залегания калийных пластов и многолетняя практика предопределили применение камерной системы разработки с различными ее вариантами. Параметры камер и междукамерных целиков зависят от типа калийных руд и их физико-механических свойств.

Со временем, технология отбойки калийных солей от массива претерпела изменения и прошла путь от мелкошпурового взрывного разрушения до скважинных методов взрывания, а затем и до полностью механизированного метода добычных работ с применением комбайнов и самоходных комплексов.

На калийных рудниках Верхней Камы (Россия) в разные годы применялась взрывная, комбайновая и комбинированная отбойки калийных руд.

При мощности пласта до 4,0 м применяется «штрековый» вариант камерной системы разработки.

Камеры проходят комбайнами «Урал 10 КС» и «Урал 20 КС» (рис. 4.10).



Рис. 4.10. Общий вид комбайна типа «Урал»

Руда из камер доставляется на транспортный штрек, а затем через рудоспускные скважины подается на панельный штрек. При толщине пласта более 4,0 м применяют двухслойную систему отработки камер комбайнами. При этом варианте камеры разрабатываются двумя выработками. Ширина камер – 12,4 м, междукамерных целиков – 10,6 м. Отработка каждой выработки осуществляется двумя ходами комбайна «Урал 20 КС».

Транспортировка руды от комбайна осуществляется самоходными вагонами (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Транспортировка руды самоходными вагонами

Наряду с разработкой калийных руд комбайнами, в благоприятных условиях, с точки зрения устойчивости кровли, применяют буровзрывную отбойку.

Впоследствии добычные работы были объединены в буровзрывную добычную систему, в которую входили буровая установка для бурения шпуров и скважин, машина для зарядания шпуров и скважин и погрузочно-доставочная машина.

Конец XX и начало XXI веков ознаменовались переходом Верхнекамских калийных рудников на полностью комбайновую выемку руды с применением самоходного погрузочно-транспортного оборудования и комплексов. Разработка пластов осуществляется с применением камерно-столбовой системы с механизацией добычных работ.

Калийная руда добывается при помощи специальных роторных комбайнов ПК – 8МА, Урал-10А, Урал-61, Урал-20А в комплекте с бункером-перегрузателем БП-14 и самоходным вагоном 5ВС-15М. В настоящее время в практику горных работ внедряются комбайны типа «Mariotta 900», производительность которых превышает 10 т калийной руды в минуту.

От комбайна калийная руда погружается в самоходные вагоны и транспортируется в подземный склад (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Транспортировка калийной руды самоходными вагонами с добычной камеры (а) на подземный аккумулирующий склад (б)

Дальнейший путь руды пролегает к вертикальному стволу, оборудованному скиповым подъемом, по которому с глубины 400 м осуществляется ее подъем на поверхность.

На калийных рудниках Украины (Калуш-Голыньском и Стебниковском) при камерной системе разработки добыча калийной соли ведется с помощью буровзрывных работ.

Отбитая от массива руда отгружается из камеры скреперными лебедками. Камера отрабатывается в одну стадию, когда толщина пласта не превышает 3–4 м, или в две стадии при большей мощности. При этом сначала осуществляется выемка нижнего слоя камеры высотой 3 м, а затем разрабатывается верхний слой.

На Стебниковском калийном месторождении калийные руды имеют значительную толщину, что позволило повысить эффективность отработки камер при помощи глубоких взрывных скважин.

Высота камер составляет 40–50 м, ширина – 8–15 м, ширина целиков 6–12 м, длина камеры – 30 м. Веерная отбойка руды характеризуется следующими параметрами: шаг отбойки – 1,5–1,6 м, расстояние между концами скважин – 1,8–2,2 м. Бурение скважин осуществляется буровым станком СВБ-50В.

На Старобинском месторождении калийных солей (Беларусь) применяют комбайновую выемку с одноходовыми и многоходовыми камерами.

На калийных рудниках США при камерной системе разработки и применении взрывной отбойки соли, месторождение разбивается на панели, размер которых, в зависимости от местных условий, изменяется от 150 до 200 м. Ширина камер 9–11 м, ширина целиков 10–14,6 м, длина 18–25 м. При такой системе разработки достигается высокий процент извлечения руды. После основных добычных работ в камерах вынимаются и целики, при плавном оседании пород это дает возможность достичь 92 % извлечения соли.

Большой опыт разработки калийных солей накоплен в Германии. Здесь мощные пласты разрабатываются камерной системой с разбивкой камеры на две части: верхнюю и нижнюю. Верхнюю часть высотой до 3–4 м и шириной, равной ширине камеры, проходят на всю ее длину узким забоем.

Для повышения эффективности взрывных работ, на протяжении многих лет, применяются скважины большого диаметра, которые являются обнаженными плоскостями для облегчения работы шпуровых зарядов. Скважины бурятся диаметром 0,3–0,5 м специальными буровыми установками (рис. 4.13, а) и не заряжаются

взрывчатыми веществами. Остальная часть камеры обрушивается шпурами (рис. 4.13, б).



а)



б)

Рис. 4.13. Бурение скважин (а) и шпуров (б) при проходке верхней части камеры на калийных рудниках Германии

Нижняя часть камеры, мощностью 5–8 м разрабатывается при помощи взрывания параллельно расположенных скважинных зарядов.

После отбойки калийной руды она погружается самоходным погрузчиком и транспортируется самоходными вагонами (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Погрузка калийной руды в камере самоходным погрузчиком с емкостью ковша 20 т (рудник R+ S Kali GmbH, ФРГ)

Добытая в подземных камерах калийная руда поступает на поверхность и направляется в технологические цеха для получения калийных удобрений двумя методами: галлургическим и флотационным.

Первый – галлургический, используется со времен зарождения калийной промышленности во второй половине XIX века. Он основан на изменении совместной растворимости хлорида калия (KCl) и хлорида натрия (NaCl) в воде при различных температурах. Раздробленная сильвинитовая руда растворяется в горячих растворителях со шнековыми мешалками, затем охлаждается в отстойниках. При этом из насыщенного раствора выкристаллизовывается KCl. Содержание полезного компонента в полученном сырье достигает 98 %, что позволяет использовать его не только в сельском хозяйстве, но и в химической промышленности.

Второй метод – флотационный. Он стал использоваться с 60-х годов XX века. Свое название получил в связи с тем, что основан на различной флотуемости (всплываемости) сильвина и галита. Частично очищенная руда помещается во флотационную машину, пузырьки воздуха приклеиваются к частицам хлорида калия, выталкивая их на поверхность смеси. Затем смесь сгущается, фильтруется, сушится и гранулируется. После просушки влажность розового хлористого калия составляет всего 0,1 % при содержании полезного компонента 95 %.

Калийные удобрения – настоящее золото для аграриев всего мира, но его получение связано как с горно-техническими, так и экологическими сложностями. Камерная система разработки калийных месторождений связана с необходимостью оставления в недрах, после выемки полезного ископаемого, междукамерных целиков для поддержания выработанного пространства. Это вызывает потери калийных руд, составляющие до 50 %.

Кроме того, при переработке калийных руд, извлечение полезного компонента хлористого калия не превышает 60–70 %, остальное – пустые породы. Отходы пустых пород от калийного производства, как правило, размещаются на поверхности в виде отвалов. Отвалы – верный признак того, что рядом с ним находится шахта. Так, миллионы тонн пустой породы, накапливающейся годами, размещены в отвалах рудников Верхнекамского месторождения (в Березниках и Соликамске) (рис. 4.15).



Рис. 4.15. Отвалы пустой породы калийных шахт в Березниках

На Калуш-Гольинском калийном руднике (Украина) отходы калийного производства размещены в хвостохранилище – огромном котловане, огражденном дамбой.

Известно, что размещение отходов на поверхности наносит значительный ущерб: приводит к изъятию из севооборота полезной площади, засолению подземных вод и поверхностных водоемов, является потенциальным источником нанесения вреда окружающей среде.

Время требует необходимость решения проблем для калийных рудников: разработку новых способов управления горным давлением, обеспечение надежной водозащиты и эффективных мероприятий по предотвращению провалов поверхности и поступления воды и рассолов в шахты. Во многом эти и другие вопросы решаются закладкой выработанных пространств породами из поверхностных отвалов.

И пришло то время, когда пустая порода из отвалов возвращается в шахты, заполняя пустоты. Только с отвалов калийных рудников Соликамска в закладку отработанных выработок с 2002 года ушло более 10 млн. тонн пустой породы.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ВТОРОЕ «ДЫХАНИЕ» СОЛИ

Прошли столетия и человек опознал в соли новые свойства и качества. Она начала выступать в роли не только основного продукта жизнедеятельности всего живого на Земле, но и как геологическая среда, которая начала использоваться и для других, очень важных целей.

В каменной соли человечество начало создавать подземные хранилища углеводородов, в отработанных камерах соляных рудников организовывать подземное захоронение вредных отходов производств, в том числе и радиоактивных. Соль широко начала применяться для лечения людей спелеотерапией посредством создания в подземных камерах лечебниц и санаториев.

Неописуемая красота подземных лабиринтов, мастерство соляных дел мастеров и история соледобычи позволили создать под землей музеи, проложить туристические маршруты. Об этом – втором «дыхании» соли и пойдет речь во второй части книги.

Раздел 5

ПОДЗЕМНЫЕ ХРАНИЛИЩА УГЛЕВОДОРОДОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ

Наступил такой период, когда каменная соль стала средой в которой начали сооружать подземные хранилища для нефти, нефтепродуктов, природных и сжиженных газов. Все это благодаря особым ее свойствам: хорошей растворимости, непроницаемости, достаточной плотности и прочности, нейтральности к хранимым продуктам.

5.1. Основные сведения о подземных хранилищах в солях

Подземные хранилища (ПХ) в соляных кавернах используются преимущественно для покрытия пиковых нагрузок, создания аварийных и стратегических запасов углеводородов. ПХ представляет собой комплекс инженерных сооружений, включающих подземные емкости, образованных в толще соляного массива методом

растворения, и наземные сооружения с технологическим оборудованием, обеспечивающим прием, хранение и отбор углеводородов: нефти, нефтепродуктов, природных и сжиженных газов (рис. 5.1).

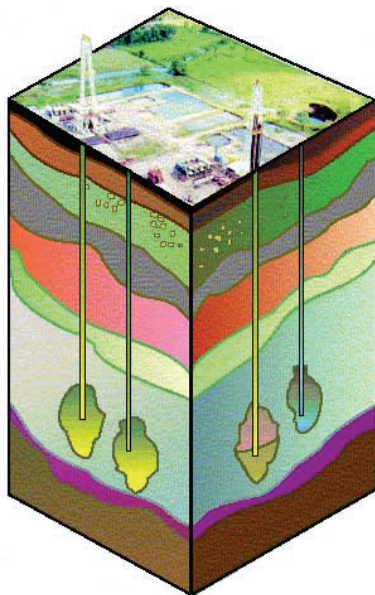


Рис. 5.1. Общая модель подземного хранилища в солях

Проблемой подземного хранения заинтересовались в мире в начале XX века. Впервые подземные емкости, создаваемые выщелачиванием (растворением) каменной соли, были использованы для хранения жидких топлив в 1916 г. немецким акционерным нефтяным обществом, и только через 34 года в США была построена опытная подземная емкость объемом 120 м^3 .

Во второй половине XX века строительство подземных хранилищ углеводородов в каменной соли получило широкое распространение в мировой практике. Так, к 80-м годам прошлого столетия объем подземных хранилищ данного вида составил: в США – 30, Франции – 15, ФРГ – 12 млн. м^3 .

Во Франции подземные хранилища становятся основным способом резервного хранения нефти, нефтепродуктов и сжиженных

газов. Крупнейшее подземное хранилище построено в районе г. Маноски. Кровля соляного пласта здесь залегает на глубине 500–1 000 м. Высота выщелачиваемых емкостей составляет 75–480 м, диаметр 20–75 м, а емкость каверн – от 18 до 365 тыс. м³. Хранилище состоит из 90 соляных каверн общим объемом 16 млн. м³.

Подземные нефтехранилища в каменной соли интенсивно строятся в ФРГ. Здесь используются соляные структуры, залегающие на глубинах 800–1 600 м, расположенные в основном на севере страны. Наиболее крупным считается подземное хранилище вблизи г. Вильгельмсгафена. Здесь 52 каверны вымыты в соляном пласте на глубине 1 км. Вместимость хранилища составляет 17 млн. м³, что обеспечивает 90-дневную бесперебойную работу нефтеперерабатывающих заводов ФРГ. В перспективе предусмотрено увеличение объема хранилищ до 40 млн. м³.

Большое количество соляных формаций, пригодных для строительства подземных хранилищ, имеется в США. Так, в штате Луизиана сооружено подземное нефтехранилище, состоящее из 14 каверн общей емкостью 9 млн. т. Высота подземных емкостей 225 м, максимальный диаметр – 69 м. В программе создания долговременных запасов углеводородов в США предусмотрено увеличение объема подземных хранилищ в солях до 200 млн. м³.

В СССР первые подземные хранилища в каменной соли появились в 60-х годах прошлого столетия. В России, Украине, Беларуси и Армении большинство из них построено в соляных штоках, имеющих значительные мощности отложений каменной соли.

Разработка морских нефтяных месторождений и наличие соляной толщи обусловили создание подземных нефтехранилищ ниже уровня морского дна, что позволило решить две проблемы: добычу и хранение нефти.

Большое внимание в мире в последние годы уделяется созданию в солях подземных хранилищ природного газа (ПХГ). Это связано с покрытием пиковых потребностей в газе.

Наибольшее количество ПХГ в соляных кавернах эксплуатируется в США – 31 хранилище, активная емкость которых составляет порядка 8 млрд. м³, суммарный объем отбора более 200 млн. м³/сут. В Германии в соляных кавернах эксплуатируется 19 ПХГ с суммарным объемом активного газа около 7 млрд. м³.

Планируется увеличение объемов подземных газохранилищ за счет строительства крупного ПХГ «Катерина» на месторождении каменной соли в Бернбурге. Здесь будет сооружено 10 емкостей, что позволит закачивать в сутки около 600 млн. м³ природного газа.

На территории России ведется строительство трех крупных подземных хранилищ в соляных кавернах: Калининградское, Волгоградское и Березниковское. Волгоградское ПХГ будет крупнейшим в Европе и первым в России ПХГ в солях с суточной производительностью 700 млн. м³. На Калининградском ПХГ в пределах глубин 800–950 м будет построено 14 подземных резервуаров с полезным объемом 400 тыс. м³ каждый,

В Беларуси создание подземных хранилищ в солях является одной из задач энергетической безопасности страны. На Мозырском месторождении каменной соли задействованы 10 соляных каверн, что позволяет иметь подземную газовую кладовую, объем которой превышает 1 млрд. м³.

В настоящее время на территории Армении эксплуатируется ПХГ, общий объем которого составляет 200 тыс. м³. Ведутся работы по дальнейшему расширению ПХГ.

5.2. Геологические и горно-технические условия строительства подземных хранилищ в солях

Перспективность строительства подземных хранилищ во многом зависит от геологических и горно-технических условий. Глубина залегания толщи каменной соли, в которой планируется разместить подземную емкость, может изменяться в широких пределах. Для нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов предельная глубина составляет 1 200 м. Для природных газов глубина хранилища устанавливается расчетным путем с учетом условия, что один метр геологического разреза обеспечивает противодавление $1,6 \cdot 10^5$ Па.

Ориентировочно расчет глубины заложения хранилища осуществляется при условии, что избыточное давление в хранилище ниже горного. Это позволяет предохранить стенки хранилища от разрушения под действием внутреннего давления хранимого продукта.

Подземные емкости сооружаются в залежах каменной соли любой структуры: пластовой, линзообразной, купольной и штоковой.

В пластовых залежах выбор участка нужного размера особой сложности не представляет.

При линзообразной и штоковой залежи, ограниченных по площади, выбор участка более сложен. Соляные купола и штоки дают возможность сооружать емкости на нескольких этажах (ярусах).

Минимальная мощность соляного тела, в котором может быть построена камера с длиной вертикальной осью, составляет 20–25 м. В пластах каменной соли мощностью до 5 м могут создаваться хранилища тоннельного типа.

Литологический состав соленосной толщи и чистота каменной соли являются решающими условиями, определяющими возможность размыва камер подземных хранилищ. Нормативными документами установлено, что содержание нерастворимых рассеянных примесей не должно превышать 20 %, иначе усложняется процесс управляемого выщелачивания и получения надежной формы подземной емкости.

Толща каменной соли, в которой сооружается хранилище, должна быть непроницаемой для хранимого продукта. Герметичность хранилища может быть нарушена неблагоприятными тектоническими условиями: сбросами, сдвигами, слоистым строением соленосных толщ и т. п.

Соль не должна иметь включений минералов, которые могут ухудшить качество хранимого продукта или же вступить в реакцию с ним, что может повлечь потерю устойчивости камеры.

Геологические особенности строения толщи каменной соли выдвигают ряд требований к технологии строительства. Особенностью пластовых залежей является наличие несолевых пород (ангидритов, известняков, аргиллитов и т. п.) различной мощности от десятков сантиметров до 3–5 м.

Для линзообразных залежей характерно довольно быстрое изменение мощностей по простиранию, а также, как и в пластовых залежах, наличие прослоев несолевых пород. Спецификой штоковых залежей является наличие в них участков, насыщенных обломками нерастворимых пропластков несолевых пород, затрудняющих процесс размыва емкостей в соляных отложениях. Практически мощность нерастворимых прослоев и пластов не должна превышать трех метров.

Для пластов большей мощности разработаны методы их принудительного обрушения, в том числе и с применением энергии взрыва.

В странах бывшего СССР имеется 20 крупных соленосных бассейнов, в пределах которых возможно строительство подземных хранилищ (рис. 5.2).

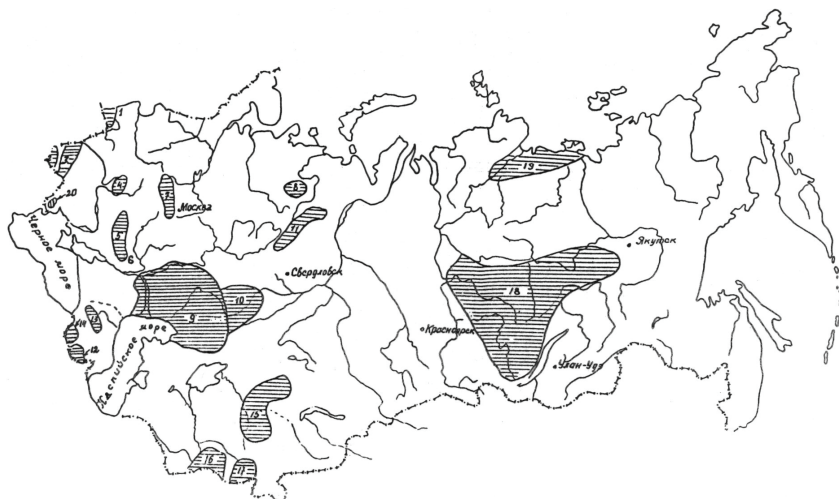


Рис. 5.2. Карта соленосных бассейнов (в странах бывшего СССР), пригодных для сооружения подземных емкостей:

- 1 – Калининградский; 2 – Закарпатский; 3 – Прикарпатский; 4 – Припятский;
- 5 – Днепровско-Донецкий; 6 – Донецкий; 7 – Подмосковский; 8 – Сереговский;
- 9 – Прикаспийский; 10 – Южно-Уральский; 11 – Печоро-Камский; 12 – Ереванский;
- 13 – Северо-Кавказский; 14 – Нахичеванский; 15 – Чу-Сарысуйский; 16 – Гаурдак-Нугитанский;
- 17 – Южно-Таджикский; 18 – Восточно-Сибирский; 19 – Нордвик-Хатангский; 20 – Преддобружский

На территории Российской Федерации расположено 9 соленосных бассейнов: Калининградский, Подмосковский, Сереговский, Прикаспийский, Южно-Уральский, Печоро-Камский, Восточно-Сибирский, Северо-Кавказский и Нордвик-Хатангский. Соляные залежи в Калининградском бассейне залегают на глубинах от 600 до 1 100 м, мощность пластов соли до 174 м. Прикаспийский соленосный бассейн относится к числу крупнейших соленосных бассейнов мира. Здесь на глубинах 2–3 км залегают пластовая залежь каменной соли мощностью от 180 до 300 м.

В Подмосковном бассейне глубина залегания соляного пласта от 15 до 120 м, максимальная мощность пласта соли до 60 м. Южно-Уральский бассейн является продолжением к северу Прикаспийского

бассейна. В пределах Башкортостана каменная соль залегает пластами мощностью от 10 до 800 м на глубинах до 400 м и более, в Оренбуржье мощность соляных пластов – от 700 до 900 м.

Восточно-Сибирский бассейн по своей площади является одним из обширнейших в мире. В пределах бассейна пласты каменной соли имеют мощность от 30 до 100 м при глубинах залегания от 170 до 1 500 м. В Печеро-Камском бассейне каменная соль залегает пластами разной мощности (от 10 до 400 м) на глубинах 200–1 200 м.

Строительство крупных подземных хранилищ при объеме единичной емкости 100 тыс. м³ и более перспективно в Калининградском, Прикаспийском, Южно-Уральском и Печеро-Камском соленосных бассейнах.

На территории Закавказья расположены два соленосных бассейна: Ереванский и Нахичеванский. Ереванский бассейн (Армения) имеет площадь 600 м². Соленосная толща достигает мощности до 500 м и залегает на глубинах от 430 до 1 400 м. В районе построено первое в СНГ подземное хранилище природного газа в солях. В Нахичеванском бассейне (Азербайджан) каменная соль встречается в виде линзообразных тел. Мощность отдельных линз достигает 20–30 м при глубине залегания от 65 до 370 м.

В государствах Средней Азии расположены такие соленосные бассейны: Чу-Сарысуйский (Казахстан), Гаурдак-Нугитанский (Туркменистан, Узбекистан), Южно-Таджикский (Таджикистан) и восточная часть Прикаспийского бассейна (Западный Казахстан). Мощность пластов соли в этих бассейнах составляет от 80 до 500–600 м при глубине залегания от 400 до 1 400 м. Во всех соленосных бассейнах Средней Азии возможно строительство крупных хранилищ при объеме единичной емкости до 100 тыс. м³ и более.

На территории Украины расположены 5 соленосных бассейнов: Днепроовско-Донецкий, Донецкий, Закарпатский, Прикарпатский и Предобружский. Днепроовско-Донецкий бассейн характеризуется широким развитием соляных куполов и штоков. Мощность каменной соли в штоках достигает 2,0–3,5 км. Соляные толщи Донецкого бассейна имеют пластовый характер и залегают на глубинах от 250 до 900 и более метров. Мощность пластов колеблется от 80 до 100 м и более.

В пределах Днепроовско-Донецкого и Донецкого соленосных бассейнов возможно строительство хранилищ для любых углеводородов и любых объемов. Предобружская соленосная

площадь расположена в Одесской области. Мощность пластов колеблется от 30 до 60 м. Залегают они на глубинах от 300 до 700 м. Каменная соль по составу чистая и пригодна для сооружения хранилищ с объемами единичных емкостей до 75 тыс. м³.

Площадь развития каменной соли Закарпатского соленосного бассейна вытянута с северо-запада на юго-восток, имея протяженность 65 км и ширину до 25 км. На глубинах 1 000–1 100 м соль имеет пластовый характер при мощности слоя до 100 м. В пределах бассейна интенсивно развит поверхностный и глубинный соляной карст, поэтому строительство подземных хранилищ возможно на основе тщательных геологоразведочных работ.

Прикарпатский соленосный бассейн характеризуется сложными условиями залегания солей (крутые складки, многочисленные блоки). Вследствие этого мощности солей резко изменяются от десятков до нескольких сотен метров, а глубина их залегания – от 60 до 600 и более метров. Соли часто бывают раздробленными и высокопроницаемыми. Строительство подземных хранилищ в этом бассейне возможно только после проведения тщательных геологоразведочных работ.

Таким образом страны СНГ и Украина располагают достаточным количеством соленосных бассейнов, геологические и горно-технические условия которых позволяют сооружать в этих районах подземные хранилища углеводородов различных типов, в том числе и крупные.

5.3. Методы сооружения подземных хранилищ в каменной соли

Для строительства подземных хранилищ в каменной соли применяется метод растворения соляного массива через буровые скважины. Пресная вода, подаваемая по скважине в соляной пласт размывает его, образуя емкость. Непрерывный процесс подачи воды и отбор рассола дает возможность создавать емкости проектного объема.

Строительство хранилища начинается с бурения скважин. Этот комплекс работ предусматривает: непосредственно процесс бурения, цементацию затрубного пространства и испытание скважины на герметичность.

При сооружении хранилищ, как правило, применяются вертикальные скважины, буримые с поверхности до соляного пласта (или купола).

Проходка скважин осуществляется различными известными способами механического бурения. Для вертикальных скважин глубиной свыше 500 м применяется турбинное и роторное бурение с помощью установок БУ-50, БР, БУ-75 и др. Для бурения скважин глубиной до 500 м с начальным диаметром 325–377 мм пригодны передвижные установки типа УРБ-3АМ, УБВ-300 и др. (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Бурение скважин передвижной установкой УРБ-3АМ

Особые требования предъявляются к герметичности скважин, их цементного затрубного пространства, чтобы исключить утечку углеводородов. Проверка герметичности осуществляется гидравлическим методом с использованием насыщенного рассола. После испытания скважину оборудуют двумя рабочими колоннами труб (одна в другой). На забой скважины подается вода, которая растворяет каменную соль и насыщается солью. Насыщенный солью раствор (рассол) выдается на поверхность.

Каменная соль легко растворяется в пресной воде (до 358 кг в $1,0 \text{ м}^3$ воды при $20 \text{ }^\circ\text{C}$). Для получения концентрированного рассола для образования $1,0 \text{ м}^3$ емкости требуется $6,0\text{--}7,0 \text{ м}^3$ воды.

Размыв подземной емкости осуществляется, как правило, с подачей нерастворителя, с помощью которого контролируется и управляется процесс растворения и форма емкости. Обычно в качестве нерастворителя используют нефтепродукты или газообразные продукты (воздух, природный газ).

Размыв каменной соли происходит по двум принципиально различным схемам: 1) закачкой пресной воды по одной колонне труб и выдавливанием рассола на поверхность по другой (циркуляционный метод); 2) струями воды, разбрызгиваемыми в емкости специальным оросителем при атмосферном или повышенном давлении (струйный метод или метод орошения).

В зависимости от технических возможностей, конкретных горно-геологических условий, планируемого срока строительства, формы и объема емкости, допустимых размеров емкости по условиям прочности могут быть применены различные технологические схемы циркуляционного подземного выщелачивания емкостей в солях через буровые скважины.

Прямоточный и противоточный методы. При прямоточном методе залежь каменной соли вскрывается буровой скважиной, обсаживаемой колонной труб. От поверхности земли до башмака, расположенного в верхней части залежи, производится цементация затрубного пространства. После тампонажа обсадной колонны скважина углубляется до подошвы разрабатываемого соляного пласта. Затем в скважину опускается одна рабочая колонна труб, нижний конец которой устанавливается у забоя скважины на расстоянии 1,0–2,0 м от подошвы пласта. На поверхности скважина оборудуется оголовком, монтируемый таким образом, чтобы вода поступала во внутреннюю колонну труб. Рассол выдавливается на дневную поверхность по межтрубному пространству.

В начальный период эксплуатации пресная вода насыщается за счет растворения стенок скважины на участке вскрытой соляной залежи. Так как скорость растворения соляных стенок сравнительно высока (до 15 см/сут.), этот период работы непродолжителен. В связи с подачей свежей воды непосредственно к забою скважины наиболее интенсивно развивается нижняя зона скважины с постепенным уменьшением ее диаметра по высоте. В результате выщелачивания образуется камера (полость) грушевидной формы (рис. 3.8, а).

При размыве каменной соли противоточным методом воду подают по обсадной трубе, а рассол отбирают по рабочей колонне. Такой способ выщелачивания формирует конусообразную камеру с вершиной, обращенной вниз, и сильно развитой потолочиной. Новые порции воды, подаваемой по обсадной трубе, способствуют интенсивному растворению кровли размываемой емкости и образующийся рассол опускается к подошве пласта. В связи с тем, что нижняя зона размывается ненасыщенным рассолом, растворение здесь происходит менее интенсивно и размыв ослабляется. Здесь размыв практически не происходит. Поступление новых порций воды в камеру позволяет выдавливать рассол по центральной трубе на поверхность.

Боковая поверхность конуса по мере растворения становится более пологой, покрывается различными примесями, находящимися в каменной соли. Растворение у кровли емкости происходит примерно с постоянной скоростью, равной линейной скорости растворения вертикальной поверхности каменной соли в пресной воде (10–12 см в сутки). При этом высота растворяющейся верхней части весьма незначительная. Диаметр основания конуса за год может достигнуть 75–90 м (рис. 3.8, б).

При размыве противоточным методом породы кровли соляного пласта обнажаются на большой площади, что может вызвать обрушение пород под действием горного давления и, как следствие, обрыв труб. Кроме того, противоточная система размыва емкостей характеризуется довольно низкой производительностью выщелачивания (10–15 м³/ч рассола).

Несмотря на ряд недостатков прямоточного и противоточного методов выщелачивания они отличаются предельной простотой схемы наземных обустройств и небольшим расходом металла.

Комбинированный метод. Этот метод получил наиболее широкое применение в практике строительства подземных хранилищ в солях методом размыва (рис. 5.4). Он предусматривает осуществление размыва в два этапа. На первом этапе формируется емкость в восходящем направлении. Вначале размывается гидровруб (I ступень размыва), а затем еще несколько ступеней до получения емкости определенных размеров. На втором этапе верхняя и нижняя части емкости формируют навстречу друг другу: верхнюю – в нисходящем направлении, нижнюю – в восходящем.

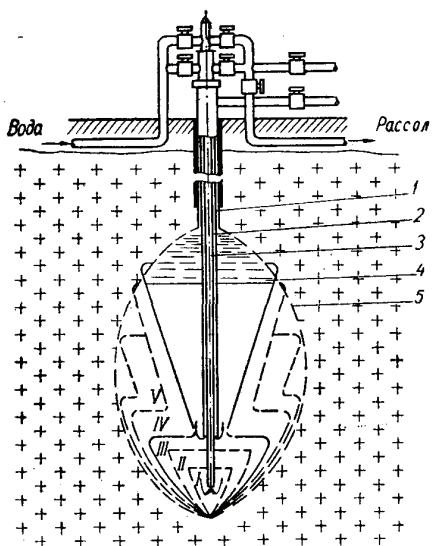


Рис. 5.4. Схема создания подземной емкости комбинированным методом размыва:
 1 – обсадная колонна труб; 2 – водоподающая рабочая колонна; 3 – рассолоподъемная рабочая колонна; 4 – нерастворитель; 5 – контур проектной емкости;
 I–V – ступени размыва

При переходе со II ступени на III, т. е. с размыва по схеме снизу вверх на размыв сверху вниз, уровень нерастворителя поднимается до кровли размываемой емкости и изменяется уровень (отметка) подачи воды в емкость. Дальнейшее выщелачивание при постоянном положении водоподающей колонны с периодическим подкачиванием нерастворителя происходит по регламенту, обеспечивающему формирование верхней части камеры на противоточном режиме.

Принятый в комбинированном методе порядок размыва позволяет сочетать надежное управление формообразованием емкости с высокой интенсивностью размыва при благоприятных условиях приема нерастворимых включений, что существенно при создании камер сфероидальной формы в различных горно-геологических условиях.

Подземное выщелачивание каменной соли с гидроврубом.

В результате обобщения производственного опыта подземного выщелачивания каменной соли через скважины и проведенных

исследований был разработан новый способ, получивший наименование метода с применением гидровруба. Гидровруб – это специальная горная выработка, создаваемая искусственным путем в нижней части соляного пласта. Она имеет форму горизонтального кольцевого вруба, образующегося вокруг скважины при растворении каменной соли водой.

Сущность метода заключается в следующем. Первоначально искусственно создаются условия для поддержания растворяющей воды на постоянном уровне с целью максимального развития камеры в горизонтальном направлении. Это позволяет в дальнейшем обеспечить наибольшую поверхность горизонтальной кровли. В камеру одновременно с водой вводится нерастворитель, в данном случае сжатый воздух, прикрывающий кровлю камеры на этапе создания вруба, т. е. в период размыва камеры в горизонтальном направлении. Количество подаваемого сжатого воздуха устанавливается из расчета его избытка по сравнению с количеством, растворимым в данном объеме рассола. Образуется изолирующий слой воздуха, регулируемый и поддерживаемый на всем протяжении формирования гидровруба. Высота вруба 1,0–1,5 м, диаметр зависит от предполагаемого объема камеры.

Сооружение камеры гидровруба – начальный этап подземного выщелачивания, предшествующий процессу размыва емкости снизу вверх.

Управление размывом способствует постепенному образованию цилиндрической камеры диаметром, соответствующим диаметру начальной камеры гидровруба.

Теоретическое обоснование и практическое осуществление метод выщелачивания с гидроврубом получил в работах П.А. Кулле. Разработана система создания гидровруба с применением в качестве нерастворителей различных видов нефтепродуктов, нефти, жидких углеводородных газов и др. (рис. 5.5). При этом скважина, вскрывающая соляную залежь, обсаживается обсадной колонной диаметром 325 мм и затрубное пространство цементируется. После проверки скважины на герметичность в нее опускаются две свободно висящие эксплуатационные (рабочие) колонны труб (труба в трубе) диаметрами 219 и 114 мм. Оголовок скважины оборудуется фланцами для обеспечения герметического разобщения обсадной и висячих рабочих колонн труб, открытых в нижней части. Таким образом, создаются три пути движения: внешний – между обсадной колонной

и внешними стенками рабочей колонны труб большого диаметра, служащий для подачи жидкого нерастворителя; промежуточный кольцевой – между внутренними стенками рабочей колонны большого диаметра и внешними стенками рабочей колонны меньшего диаметра, используемый для подачи воды; центральный – внутреннее пространство рабочей колонны труб меньшего диаметра, необходимое для подъема рассола.

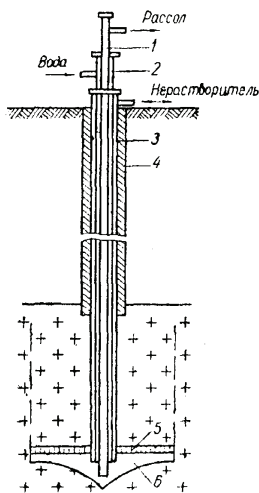


Рис. 5.5. Схема создания подземной емкости с применением гидровруба и жидких углеводородов в качестве нерастворителей:

- 1 – рассолоподъемная колонна; 2 – водоподающая колонна; 3 – колонна для подачи и отбора нерастворителя; 4 – затрубный тампонаж; 5 – слой нерастворителя; 6 – камера гидровруба

Рассолоподъемная колонна опускается с таким расчетом, чтобы перед началом размыва каменной соли ее башмак находился на 0,3–0,5 м выше подошвы обрабатываемой залежи. Башмак водоподающей колонны (рабочей колонны большого диаметра) устанавливается на 1,5–2,0 м (высота гидровруба) выше башмака рассолоподъемной. Подача воды и нерастворителя в камеру, а также отбор рассола производится непрерывно. Нерастворитель (например, нефть) скапливается в верхней части камеры и предохраняет кровлю от растворения водой. Камера развивается только в горизонтальном направлении.

По окончании сооружения гидровруба большая часть нерастворителя (60–70 %) возвращается на поверхность; вода получает доступ к кровле камеры и начинается процесс интенсивного размыва соляной залежи снизу вверх.

Основным недостатком метода гидровруба является необходимость поддержания строгой горизонтальности потолочины камеры. При этом, во-первых, ограничивается площадь размыва, а следовательно, и производительность; во-вторых, возникает опасность обрушения потолочины. В настоящее время метод гидровруба включается как элемент в другие технологические процессы управляемого выщелачивания.

Ступенчатое выщелачивание каменной соли. Широкое распространение в практике строительства подземных хранилищ в солях получил метод ступенчатого выщелачивания, который может быть успешно применен и на месторождениях с содержанием нерастворимых примесей до 30 % (рис. 5.6). При данном способе выщелачивания развитие камеры вверх по вертикали регулируется применением нерастворителя, предохраняющего кровлю камеры от растворения пресной водой.

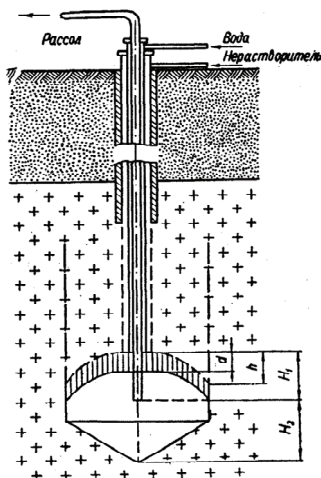


Рис. 5.6. Схема создания подземной емкости ступенчатым противопотоком снизу вверх:

H_1 – высота активной зоны; H_2 – высота зоны консервации; h – конечная высота зоны формирования; d – высота ступени выщелачивания

При ступенчатом выщелачивании снизу вверх скважина оборудуется аналогично скважине для создания гидровруба. После образования первоначального вруба отработка соляной залежи происходит ступенями снизу вверх, причем размыв производится на интервале – ступени. Это достигается тем, что уровень нерастворителя (нефти) поднимается на определенную высоту (ступень) в результате отбора необходимого объема нерастворителя из скважины, а низ камеры консервируется насыщенным рассолом. Переход на каждую новую ступень вызывает необходимость подъема колонны труб диаметром 219 мм таким образом, чтобы «свежая» вода поступала под новый уровень нефти и размывала боковые стенки в выбранном диапазоне между нефтью (сверху) и рассолом (снизу). Ступени постепенно расширяются от 1,0 до 5,0 м с увеличением высоты активной зоны – до 12,0–15,0 м. Производительность ступенчатого выщелачивания составляет 75–100 м³/ч рассола, что соответствует размыву 12,0–16,0 м³/ч объема подземной камеры.

В течение всего процесса выщелачивания потолок камеры сохраняет форму свода, что благоприятно сказывается на скорости размыва емкости. Кроме того, такая форма камеры обеспечивает большую устойчивость и прочность кровли.

Независимое перемещение водоподающей и рассолоподъемной колонн дает возможность подвергать размыву большую или меньшую поверхность стенок камеры и тем самым регулировать форму создаваемой камеры.

Размыв емкостей с использованием газообразного нерастворителя. Для управления процессом размыва и формообразованием емкости применяются также газообразные нерастворители.

Наиболее простым и дешевым нерастворителем является воздух. Регламент и методы расчета размыва с применением воздушного нерастворителя разработаны Б.Н. Федоровым.

Использование воздушного нерастворителя возможно при любой схеме выщелачивания. Обычно в камеру размыва воздух подается вместе с водой, где он выделяется и собирается в верхней части камеры, создавая воздушную подушку, предохраняющая потолочину от произвольного размыва. Существуют несколько схем подачи воздуха в водяную линию. Наиболее эффективно применение двух последовательно соединенных центробежных насосов (низкого и среднего давления) с вводом воздуха после первого насоса низкого

давления (рис. 5.7), а также подача воздуха через специальные отверстия в корпусе многоступенчатого насоса и смешивания с водой после первого (или второго) рабочего колеса. В этих схемах насосы выполняют роль дожимных компрессоров.

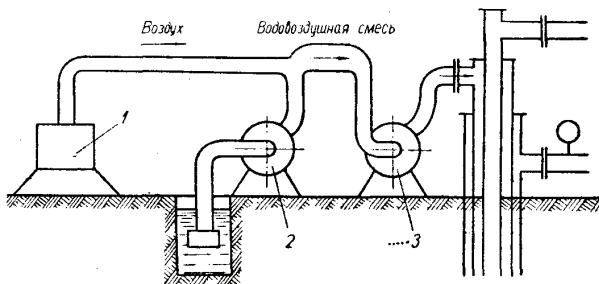


Рис. 5.7. Схема подачи воздуха в подземную емкость:
1 – компрессор; 2 – насос низкого давления; 3 – насос среднего давления

К преимуществам газообразных нерастворителей относятся: простота регулирования и управления потоками, расходом и давлениями; возможность хранения продукта без наземного хранилища нерастворителя и предварительной «отмывки» емкости; автоматизация процесса размыва; относительно низкая стоимость нерастворителя и процесса размыва. Недостатками являются: опасность разрушения потолочины; перемешивание с хранимым продуктом; выпуск газа в атмосферу при снижении давления в хранилище во время подъема труб.

Размыв подземной емкости с помощью двух скважин. Подземные хранилища большой емкости сооружаются способом прямой промывки при двух рядом расположенных скважинах. Причем создание емкостей осуществляется как независимым выщелачиванием, так и совместным, когда одна скважина используется в качестве водоподающей, а другая – рассолоподъемной.

Технология размыва предполагает применение метода ступенчатого выщелачивания в измененном варианте по отношению к прямой промывке с периодической сменой направления движения воды. Выщелачивание прямой промывкой можно производить без подъема водоподающей колонны, т. е. подавая воду во время размыва в нижнюю часть камеры.

Использование двухтрубной конструкции при прямой промывке способствует уменьшению энергетических потерь во время движения воды и рассола по колоннам труб. Это позволяет повысить производительность выщелачивания, получая при этом подземные емкости большого объема.

Струйный метод размыва подземных емкостей. Опыт строительства подземных емкостей циркуляционным методом показал, что процесс выщелачивания протекает сравнительно медленно. Разработан и опробован струйный метод размыва подземных емкостей, с помощью которого соль более интенсивно размывается, и образуются камеры строгой формы. Емкости, созданные струйным методом в прочной каменной соли, даже на больших глубинах находятся в устойчивом состоянии вплоть до заполнения продуктом. Их можно эксплуатировать с применением погружных насосов или выдавливать продукт сжатым воздухом. При использовании в качестве нефтегазохранилищ такие емкости опорожняются полностью (до атмосферного давления) или частично, и в них остается внутреннее давление, уравнивающее в определенной степени давление горных пород.

Выщелачивание осуществляется орошением стенок камеры струями воды. Вначале бурится скважина, затем в нее до забоя опускается колонна рассолоподъемных труб (с погружным насосом), проходящая в колонне водоподающих труб. Водоподающие трубы имеют насадки различной длины с отверстиями, рассчитанными на выдачу струи воды определенной длины, и обеспечивающие размыв емкости по всей высоте обрабатываемой толщи соляного пласта (рис. 5.8).

Лучшие результаты достигаются при вращении водоподающей трубы и системы насадок. Задавая длину различным струям или, регулируя режим перемещения насадок, можно размывать емкости строго заданной формы, в частности емкости диаметром (15–20 м) на глубинах до 300–500 м. Все процессы, связанные со струйным методом размыва подземных емкостей, могут быть автоматизированы.

Преимущества струйного метода заключаются в возможности создания подземных емкостей заданной формы с устойчиво сфероидальной кровлей. Производительность метода в три-четыре раза выше циркуляционного метода.

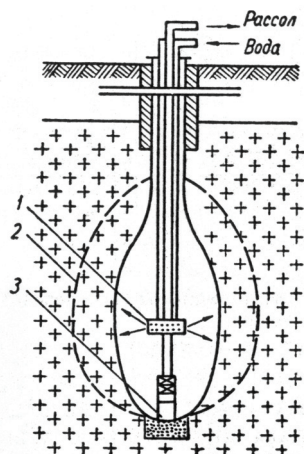


Рис. 5.8. Схема размыва емкости струйным методом:
 1 – ороситель; 2 – проектный контур емкости; 3 – погружной электронасос для откачки рассола

В табл. 5.1 приведены данные по циркуляционному и струйному методам размыва.

Таблица 5.1. Показатели методов размыва подземных емкостей

Показатели	Методы размыва	
	Циркуляционный	Струйный
Высота зоны растворения, м	10,0	10,0
Объем камеры, м ³	221,0	221,0
Время размыва, ч	530	122
Расход воды на 1,0 м емкости, м ³	28,4	6,54
Способ управления формообразованием	Применение нерастворителя	Подбор параметров струй воды

Сооружение емкостей галерейного типа. Многие месторождения каменной соли имеют пласты мощностью 5,0–20,0 м. О.М. Иванцов и Ю.С. Васюта впервые разработали метод сооружения подземных емкостей в пластах каменной соли ограниченной мощности. Сущность метода заключается в бурении наклонно-горизонтальных скважин и образовании протяженных выработок-емкостей галерейного типа, расположенных вдоль простирания пласта. Несмотря на то, что стоимость бурения наклонных и

горизонтальных скважин выше, чем вертикальных, возможность создания крупных подземных хранилищ в таких пластах представляется перспективной.

Схема размыва емкости галерейного типа показана на рис. 5.9.

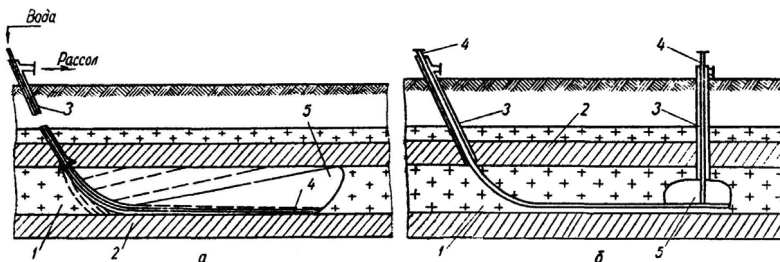


Рис. 5.9. Схема размыва емкости галерейного типа через одну (а) и две (б) скважины:
 1 – пласт соли; 2 – вмещающие породы; 3 – обсадные трубы для отбора рассола;
 4 – водоподающая колонна труб; 5 – камера, образованная размывом (первая захватка)

При строительстве емкости бурят наклонную скважину с выходом на горизонтальную плоскость. Горизонтальное бурение скважины осуществляется для размыва больших емкостей при максимальном протяжении. Для обеспечения прочности и устойчивости подземной емкости в кровле и почве оставляют защитные целики соли толщиной 2,0–3,0 м. Чтобы обеспечить сохранность целика соли ниже камеры, горизонтальную часть скважины бурят выше подошвы пласта. Верхний защитный целик можно создать при размыве, задав программу выщелачивания.

Для размыва подземных емкостей галерейного типа используются двухколонные системы без применения нерастворителя. В пробуренную скважину до забоя спускают рабочую колонну труб. Размыв осуществляется по трем схемам.

Первая схема предусматривает размыв захватками. После насыщения воды солью рассол опускается вниз, а новые порции «свежей» воды поднимаются вверх. Образующийся рассол донасыщается при движении по соли вдоль скважины. Поэтому первоначально камера вытянута вдоль горизонтальной части скважины, а затем, постепенно развиваясь вверх, приобретает конечную форму (рис. 5.9, а). После размыва первой захватки эксплуатационная труба поднимается из скважины на заданную высоту. При этом горизонтальный участок укорачивается и начинается размыв следующей захватки. Эта схема размыва

применяется в основном при наличии в пласте соли 5–10 % нерастворимых включений.

По второй схеме производят размыв одновременно на всю длину галерейной емкости на прямоточном и противоточном режимах. При этом площади поперечных сечений емкостей уменьшаются в направлении движения растворителя. Поэтому для получения камер одинакового сечения необходимо периодически изменять режимы размыва. Такой способ применяется в пластах чистой каменной соли.

Третья схема предусматривает сооружение подземных емкостей путем размыва с использованием наклонно-горизонтальной и вертикальной скважин (рис. 5.9, б). Этот способ следует использовать при создании хранилищ крупного объема.

В практике строительства подземных хранилищ в пластах малой мощности первые две схемы являются ведущими. Однако выбор наиболее рационального пути основывается на технико-экономическом сравнении вариантов, учете технической возможности применения методов и схем в конкретных геологических и горнотехнических условиях залегания каменной соли, формы и объемов емкости, условий прочности, планируемого срока строительства, наличия источников водоснабжения, а также возможностей сброса и утилизации рассола.

Одной из особенностей подземных хранилищ, образованных в соляных формациях методом размыва, является длительность сооружения. Так, размыв емкости объемом 100 тыс. м³ в зависимости от применения технологической схемы размыва продолжается полтора-два года. Поэтому сокращение сроков строительства емкостей – важный этап интенсификации процесса сооружения подземных емкостей в каменных солях методом размыва.

Анализ экспериментальных опытно-промышленных исследований показал, что работы в области интенсификации размыва подземных хранилищ развивались в следующем направлении: интенсификация размыва с помощью воздействия на процесс упругими колебаниями; интенсификация размыва посредством создания электрического разряда в воде; турбулизация растворителя раскручиванием входящего потока воды; применение магнитной обработки воды; использование быстроиспаряющихся жидкостей с целью создания барботирующей толщи жидкости; использование энергии взрыва для разуплотнения структуры каменной соли.

Технология сооружения подземных хранилищ в каменной соли методом размыва имеет существенный недостаток, связанный с чрезвычайно низкой эффективностью размыва в первоначальной стадии размыва емкости, где концентрация рассола редко превышает 25–50 г/л. Это приводит к перерасходу растворителя (воды), увеличению энергозатрат и продолжительности строительного периода, и как правило, к ухудшению технико-экономических показателей строящегося объекта.

Интенсификация обменных процессов при размыве емкостей в каменных солях связана с увеличением поверхности взаимодействия растворителя и соляного массива, что возможно достигнуть, используя разрушающую способность взрыва.

Целесообразно выполнение взрывных работ, направленных на предварительное разуплотнение структуры соли, производить до начала выполнения работ по размыву емкости в области гидровруба и частично 1-ой ступени размыва, что позволяет увеличить эффективность обменных процессов и в 3–4 раза и увеличить скорость размыва емкости в наиболее трудоемкой начальной стадии сооружения хранилищ. Предлагаемый метод предварительного взрывного разуплотнения соляного массива был рекомендован и успешно внедрен при строительстве подземных хранилищ на комбинате «Неман» (Беларусь).

Опыт эксплуатации подземных хранилищ, созданных методом выщелачивания, показывает, что в мощных пластах соли, как правило, нерастворимые породы имеют вид рассеянных включений или сплошных пропластков и прослоев различной мощности. Наличие нерастворимого пропластка обуславливает потери полезного объема камеры, зачастую препятствует ее образованию и затрудняет выбор метода и схемы размыва подземной емкости. Кроме того, опускание новой эксплуатационной колонны при замене старых труб требует повторного разбуривания пропластков.

Особенно осложняет процесс размыва то обстоятельство, что довольно часто нерастворимые пласты не самообрушаются. Оставление таких пластов в емкости размыва и дальнейшие их самопроизвольные смещения и местные разрушения могут привести к нарушению нормальной работы хранилища, а в некоторых случаях, к выходу его из строя со значительной потерей хранимого продукта. Поэтому вопрос о ликвидации (разрушении) сплошных нерастворимых пропластков, осложняющих технологию сооружения

и эксплуатацию подземных хранилищ, заслуживает особого внимания. Первые сведения о необходимости постановки проблемы содержатся в работе О.М. Иванцова.

Для предотвращения стихийного обрушения пропластков предложены способы искусственно управляемого обрушения посредством давления сил гидростатического столба жидкости и с помощью энергии взрыва. Первый метод заключается в том, что пропласток разрушается под действием гидростатического столба жидкости, находящегося над пропластком, и собственной массы пропластка. Если этого давления для обрушения пропластка недостаточно, то нагружение на пропласток повышается путем закачивания поверх разрушаемого пласта жидкости под давлением. Применение управляемого обрушения пропластков в емкости позволяет ликвидировать опасность обрыва рабочей колонны труб.

В Институте геофизики НАН Украины, на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований поведения горных пород при действии различного вида нагружений, разработаны методы и технологии разрушения нерастворимых пластов в зоне размыва емкостей в каменных солях в сложных горно-геологических условиях. Разработанные методы и технологии разделены на три группы.

К первой группе относятся методы, базирующиеся на основе самообрушения нерастворимых пластов. Главная идея таких методов состоит в том, что при достижении зоной обнажения пласта проектных размеров, последний обрушается под влиянием сил, обусловленных собственной массой пласта.

Ко второй группе методов относятся методы обрушения обнаженных пластов статическим нагружением. Простейшим видом такого нагружения является гидростатическое давление столба жидкости на пласт, масса которой обеспечит необходимое нагружение.

Внедрение методов второй группы усложняется применением технологий гидроизоляции верхней и нижней полостей размываемой емкости для обеспечения необходимого прогиба пласта в сторону свободной от жидкости поверхности. Следует принять во внимание ограниченность возможностей метода, связанная с тем, что верхняя часть емкости не всегда может вместить необходимое количество жидкости для обеспечения выполнения условия обрушения пласта.

Наиболее перспективны методы третьей группы управляемого

разрушения нерастворимых пластов под действием импульсных нагрузений. Они разделяются на два класса. Первый класс основан на разупрочнении породы пласта для достижения условий его самообрушения. Второй связывается со взрывным обрушением обнаженных нерастворимых пластов. Если методы первого класса используются как до начала, а в случае необходимости, и в процессе выполнения работ по размыву емкости, то методы второго класса применяются лишь при наличии обнажения пласта в процессе размыва хранилища.

Таким образом, при выборе метода разрушения нерастворимых пластов в зоне выщелачивания каменной соли необходимо принимать во внимание горно-геологические условия строительства, геометрические характеристики и физико-механические свойства породы пласта, а также технические и технологические возможности предприятия, выполняющего работы по сооружению хранилищ. Решение о применении наиболее приемлемой технологии принимается в каждом конкретном случае Техническим советом предприятия (заказчиком строительства хранилищ) и непосредственно исполнителями работ – специализированной геофизической партией, имеющей все необходимые средства для ведения работ по размыву емкостей (подъемники, геофизические приборы, взрывчатые вещества и т. п.).

После сооружения подземной емкости в каменной соли проводят ее испытание на герметичность, а также первоначальное заполнение продуктом с одновременным вытеснением, если это необходимо, рассола, оставшегося в емкости после выщелачивания.

На рис. 5.10 показана схема поступления газа в хранилище.

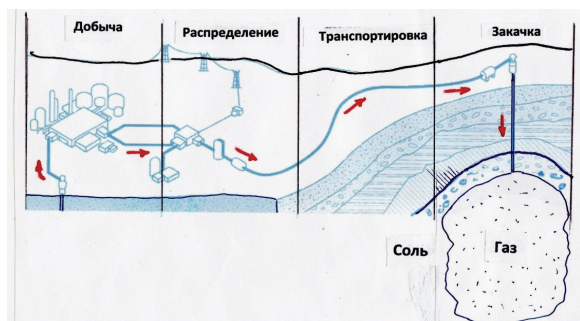


Рис. 5.10. Схема поступления газа в подземное хранилище, образованное в солях

Прежде чем попасть в подземное хранилище газ, нефть, нефтепродукты проделывают длинный путь, от места добычи к месту закачки.

5.4. Технологические схемы и режимы эксплуатации подземных хранилищ, сооруженных в каменных солях методом размыва

В подземных хранилищах, образованных в каменных солях, как мы уже знаем, хранят нефть, нефтепродукты, природные и сжиженные газы.

Технологические схемы и режимы эксплуатации подземных хранилищ обуславливаются назначением хранилищ (регулирование сезонной и суточной неравномерности подачи и потребления продукта, обеспечение надежной эксплуатации транспортно-распределительных систем и т. п.), а также физико-механическими свойствами хранимого продукта и его агрегатным состоянием.

При эксплуатации подземных хранилищ процесс хранения включает три основных этапа: заполнение емкости, хранение продукта, отбор или опорожнение емкости.

Эксплуатация подземных хранилищ газообразных продуктов

Для закачки газообразных продуктов в подземные емкости используют поршневые компрессорные машины, так как необходимо компримировать газообразные продукты до сравнительно высокого давления.

Отбирают газообразные продукты из подземной емкости двумя способами. При постоянном давлении газа в емкости путем замещения его насыщенным рассолом, хранящимся в специальном рассолохранилище. При переменном давлении газа в емкости, когда отбор происходит путем создания избыточного давления самого газа. Опыт показал, что второй способ находит более широкое применение из-за высокой экономичности и относительной простоты.

Технологическая схема эксплуатации подземного хранилища природного газа в отложениях каменной соли с применением компрессорного способа представлена на рис. 5.11.

Природный газ в период минимального потребления (весенне-летний период) отбирается из магистрального газопровода 1 и подается в компрессорные станции 2 подземного хранилища, где компримируется до давления, необходимого для закачки газа в подземную емкость, при этом газ проходит очистку от механических

примесей, конденсата 3 и масла 4, затем после охлаждения 5 по технологическим трубопроводам и по подвесной колонне труб 6, опущенной в скважину, подается в подземную емкость 8.

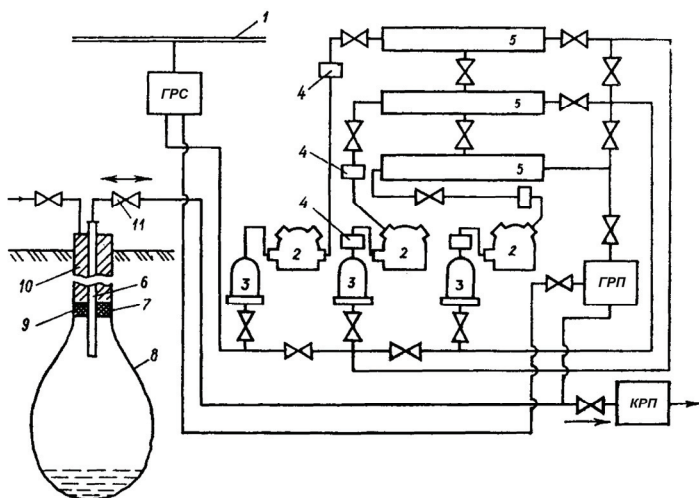


Рис. 5.11. Технологическая схема эксплуатации подземного хранилища газа с применением компрессорного способа

При отборе газа из подземной емкости открывается задвижка на оголовке 11. Газ под действием избыточного давления поступает на поверхность и подается по технологическим трубопроводам на пункт редуцирования, где давление снижается до необходимого для дальнейшего транспортирования газа потребителям.

Подземная емкость 8 соединяется с наземными сооружениями скважиной диаметром 150–300 мм, закрепленной обсадной колонной 7. Для эксплуатации емкости скважина оснащается подвесной колонной труб 6. С целью герметизации межтрубного пространства и недопущения утечек из емкости хранимого продукта в пространство между обсадной и подвесной колоннами устанавливается пакер 9. В ряде случаев для повышения надежности эксплуатации скважины межтрубное пространство над пакером заполняется буферной жидкостью 10. На устье скважина герметизируется запорной арматурой 11.

При хранении жидких углеводородных газов в подземных хранилищах наибольшее распространение нашла рассольная схема

эксплуатации, основанная на вытеснении хранимого продукта из подземной емкости на поверхность закачиваемым насыщенным рассолом.

К основным преимуществам такой схемы относятся: нейтральность насыщенного рассола по отношению к стенкам хранилища и хранимому продукту; повышенная эффективность отбора продукта за счет того, что плотность рассола примерно в два раза выше плотности хранимых продуктов; отсутствие больших и малых дыханий хранимого продукта. Недостатками являются дополнительные затраты на создание специальных рассолохранилищ для хранения оперативного запаса рассола, поддержание заданной концентрации рассола, герметичности стенок и дна рассолохранилища.

Принципиальная технологическая схема эксплуатации подземного хранилища сжиженных газов в каменной соли по рассольной схеме представлена на рис. 5.12.

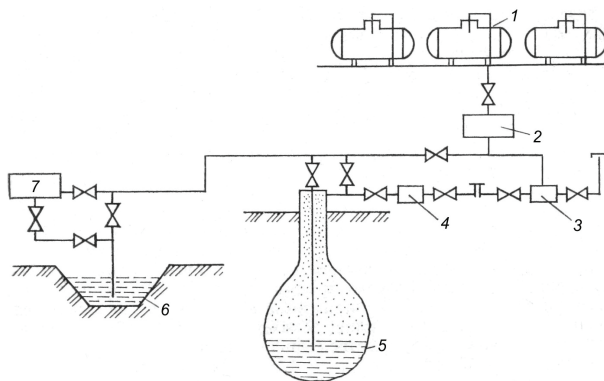


Рис. 5.12. Технологическая схема эксплуатации подземного хранилища газа по рассольной схеме

Заполнение емкости сжиженным газом происходит из цистерны *I*; возможно также поступление сжиженного газа по магистральному трубопроводу или водным транспортом. Далее сжиженный газ подается насосами 2 в наземные буферные резервуары 3, затем насосами высокого давления 4 (под давлением, достаточным для вытеснения рассола из подземной емкости) по межтрубью скважины в верхнюю часть емкости 5. Рассол по внутренней колонне вытесняется в наземное рассолохранилище 6.

Использование буферных наземных резервуаров приводит к значительному снижению энергозатрат. Как показали исследования НИИпромгаза (Россия), особенно это ощутимо при закачке сжиженного газа насосами производительностью 200 м³/ч в емкости, расположенные на глубинах более 400 м.

Отбор сжиженного газа осуществляется вытеснением его рассолом, подаваемым из рассолохранилища 6 специальным рассольным насосом 7 в центральную рассольную колонну. Сжиженный газ по межтрубью поступает на поверхность под избыточным давлением, необходимым для его дальнейшей транспортировки по технологическим трубопроводам.

Наземное рассолохранилище представляет собой естественную или искусственно созданную выемку в грунте, покрытую противодиффузионным экраном, предотвращающим утечки рассола в подстилающие породы.

Для этой цели применяют специальные герметизирующие покрытия в виде пленок, а также полимеры из материалов, созданных на основе синтетических каучуков. Откосы рассолохранилищ защищают от разрушения сборными железобетонными, асфальтобетонными или бетонными плитами.

Изменение концентрации рассола при хранении в наземном рассолохранилище может происходить под действием атмосферных осадков и погодных условий. Разбавленный насыщенный рассол является причиной неуправляемого доразмыва подземной емкости в процессе ее эксплуатации, а перенасыщение рассола при его нагреве приводит к выпадению соли в технологических трубопроводах, повышению плотности рассола и, тем самым, к увеличению затрат энергии на его вытеснение.

В процессе эксплуатации подземных емкостей, созданных в каменной соли, их объем можно увеличить путем дорастворения стенок емкости при выдавливании продукта ненасыщенным рассолом или пресной водой.

Кроме наиболее распространенной рассольной схемы эксплуатации, могут применяться и так называемые безрассольные способы. К ним относятся:

- вытеснение хранимого продукта газообразными агентами;
- отбор продукта из подземных хранилищ погружными электроцентробежными насосами, размещенными в скважинах;

- отбор продукта струйными аппаратами (эжекторами);
- использование термогазлифта.

Основными преимуществами безрассольной схемы эксплуатации являются: уменьшение затрат на строительство комплексов подземных хранилищ; возможность извлечения остатков хранимого продукта; простота осуществления режимов отбора и закачки продукта; отсутствие опасности неуправляемого доразмыва емкостей.

Основной недостаток безрассольной схемы эксплуатации подземных хранилищ вытеснением хранимого жидкого продукта газообразным агентом состоит в диффузионном растворении газа в хранимом жидком продукте, что может привести к изменению его товарных свойств. Как показал опыт эксплуатации, после года постоянного контакта наблюдается появление метана в сжиженной пропан-бутановой смеси. Поэтому основным показателем, характеризующим возможность применения такой схемы, является оценка степени влияния газообразного агента на качество хранимого продукта. К настоящему времени данная схема эксплуатации используется лишь для подземных хранилищ таких продуктов, которые в дальнейшем применяются в качестве сырья на нефте- и газоперерабатывающих заводах.

Исследования показали, что безрассольные схемы эксплуатации подземных хранилищ с использованием струйных аппаратов и термогазлифта при определенных условиях могут дать определенную экономию приведенных затрат по сравнению с рассольной и безрассольной схемами с вытеснением продукта газообразным агентом.

С целью снижения капиталовложений и эксплуатационных издержек могут быть использованы комбинированные способы эксплуатации подземных хранилищ сжиженных газов, включающие элементы как рассольных, так и безрассольных схем. Например, предлагается вместо наземного создавать подземное рассолохранилище. Для этого НИИПромгаз разработал схему гирлянд, состоящих из двух подземных емкостей, размещаемых одна над другой и создаваемых через одну и ту же скважину: верхняя емкость – для насыщенного рассола, нижняя – для хранимого продукта. Для вытеснения продукта в верхнюю емкость нагнетается природный газ.

Эксплуатация подземных хранилищ нефтепродуктов

Существуют различные схемы эксплуатации подземных хранилищ нефтепродуктов по рассольной системе с компоновкой насосами различного давления: нефтепродукт перекачивается по трубопроводу в буферный резервуар, далее насосами высокого давления в подземные резервуары; одновременная подача дизельного топлива и бензина по самостоятельным линиям непосредственно на всасывающую линию насосов высокого давления; из подземных резервуаров нефтепродукты с помощью рассольных насосов откачивают в буферные резервуары, а из них с помощью насосов низкого давления – в железнодорожные цистерны; при поступлении по железной дороге нефтепродукты с помощью насосов низкого давления закачивают в буферные резервуары и далее с помощью насосов высокого давления в подземные емкости. Технологическая схема подземного хранилища нефтепродуктов приведена на рис. 5.13.

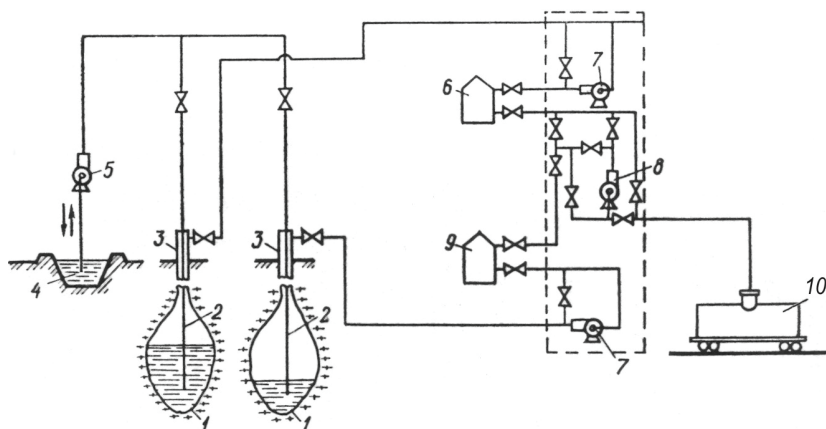


Рис. 5.13. Технологическая схема подземного хранилища нефтепродуктов:

- 1 – подземная емкость; 2 – рассольная колонна; 3 – скважина; 4 – рассолохранилище;
- 5 – насос для рассола; 6 – буферный резервуар для дизельного топлива; 7, 8 – насосы высокого и низкого давлений, соответственно; 9 – буферный резервуар для бензина;
- 10 – цистерна

Количество закачанного и откачанного продукта определяется преимущественно по расходомерам или счетчикам.

При эксплуатации подземных хранилищ по рассольной схеме может произойти выброс хранимых продуктов. Причиной выброса могут быть: обрыв рассольной колонны во время закачивания или откачивания продукта, разрушение резервуара вследствие воздействия сейсмических нагрузок или взрыва, переполнение подземного резервуара при закачивании продукта. В этих случаях столб рассола в скважине замещается столбом продукта, происходит изменение давления в резервуаре и выброс некоторой массы продукта из подземной емкости. При выбросе происходит расширение продукта и рассола и уменьшение объема резервуара за счет проявления упругих свойств массива каменной соли.

Для обеспечения нормальной эксплуатации скважин подземных резервуаров и предупреждения возможного аварийного фонтанирования скважины оснащаются предохранительным оборудованием. Выброс можно предотвратить установкой специальной запорной арматуры для автоматического перекрытия сечения технологических трубопроводов и передачи рассола в резервуар и из него (рис. 5.14).

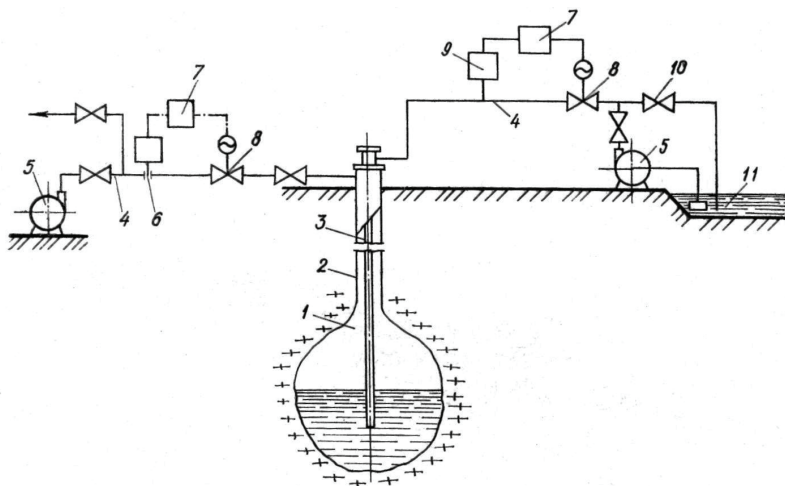


Рис. 5.14. Схема обустройства оголовка скважины для предотвращения выброса продукта из подземного резервуара:

- 1 – подземный резервуар; 2, 3 – обсадная и рабочая колонны; 4 – технологические трубопроводы; 5 – насосы; 6 – диафрагма; 7 – регуляторы; 8 – задвижки с электроприводом; 9 – датчик сигнала; 10 – задвижка; 11 – рассолохранилище

Запорная арматура срабатывает от специального устройства, реагирующего на перепад давления в трубопроводе при значительном изменении скорости потока. При переполнении резервуара продукт попадает в рабочую колонну и, будучи легче рассола, начинает подниматься к устью скважины. Давление столба смеси рассол–продукт уменьшается на величину изменения уровня хранимого в резервуаре продукта, в результате чего с увеличением объема происходит его расширение, что способствует более интенсивному перемещению продукта в рассолопроводе и вызывает увеличение расхода рассола на поверхности в трубопроводе. Поскольку количество продукта в колонне с течением времени возрастает, то описанные процессы становятся более выраженными до того момента, когда расход потока в трубопроводе не достигнет максимального значения. В этом случае давление в трубопроводе у головки резервуара увеличится, что воспринимается чувствительным элементом датчика сигнала. При этом величина сигнала пропорциональна величине давления столба смеси. При достижении заданного давления сигнал от датчика поступает к регулятору, который закрывает задвижку с электроприводом, предотвращая тем самым выброс продукта на поверхность. После срабатывания задвижки продукт перестает подниматься в рассольной колонне. Он занимает 30–70 % ее высоты (оптимально – 50...65 %).

Техника безопасности и охрана окружающей среды

Эксплуатация подземных хранилищ должна вестись при строгом соблюдении существующих норм и правил по охране труда, окружающей среды, правил технической эксплуатации. Это объясняется тем, что хранимые продукты (углеводороды) обладают повышенной взрывоопасностью, токсичностью, а технология строительства таких объектов имеет специфические особенности.

Основная задача в области хранения и использования сжиженных газов – создание условий, исключающих образование взрывных концентраций газа и газовой смеси, а также появление источников воспламенения этой смеси (пламени, искр). При взрыве газовой смеси скорость распространения пламени достигает нескольких сотен метров в секунду и резко повышается давление, которое разрушает строительные конструкции, а нагретые горючие газы образуют очаги пожара.

Можно выделить следующие основные причины образования газовой смеси в подземных хранилищах:

- разрушение подземной емкости или нарушение ее герметичности;
- попадание сжиженных углеводородных газов или нефтепродуктов в рассольную колонну подземной емкости;
- образование вакуума в ледопородной емкости;
- работа герметичных насосов, установленных на поверхности, и погружных насосов без наличия в них жидкой фазы;
- неплотность и утечки в технологических трубопроводах.

При взрыве газозвудушных смесей, находящихся под давлением 0,1 МПа, развивается давление: метан – 0,75, пропан и бутан – 0,95 МПа.

Взрыв газозвудушной смеси происходит при определенной концентрации газа в воздухе. Смесь взрывается, если в ней содержится: 5,3–15,0 % метана; 2,1–9,5 % пропана; 1,5–8,5 % бутана.

Приведенные пределы взрываемости соответствуют исходному давлению смеси, равному 0,1 МПа. При повышении давления газозвудушной смеси пределы взрываемости сужаются.

Особо опасны газообразные вещества примерно с той же плотностью, что и воздух: они располагаются низко над поверхностью земли, пока не нагреются. Взрыв или пожар возможен только в объеме облака, представляющего собой горючую газозвудушную смесь. Объем открытого пространства, заполняемый при этом горючей смесью, в каждый момент определяется скоростью, с которой продукт испаряется и смешивается с окружающим воздухом. Скорость испарения в свою очередь зависит от интенсивности теплового потока (скорости подвода тепла к жидкости) и природы поверхности, с которой идет испарение. Так же, как и для любой жидкости, скорость испарения низкотемпературных

продуктов $\frac{dn}{dt}$ при температуре кипения описывается уравнением

$$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{L} \left(\frac{dQ}{dt} \right),$$

где L – теплота парообразования хранимого продукта; $\frac{dQ}{dt}$ – тепловой поток, поглощаемый жидкостью.

Тепловой поток, идущий к жидкости от любой нагретой поверхности, зависит от разности температур поверхности и кипящей жидкости.

Повышенная взрывоопасность хранимых продуктов вызывает необходимость применения искробезопасного взрывозащитного оборудования.

Сущность работы искробезопасного оборудования заключается в том, что в нем создаются такие напряжение, сила тока, индуктивность, емкость и частота тока, при которых энергия возможного электрического искрения значительно меньше энергии воспламенения смеси газа с воздухом при наиболее легко воспламеняющихся концентрациях.

Характеристики искробезопасности для некоторых газов, которые необходимо снижать при наиболее опасных условиях воспламенения (при острых контактах и т. п.), приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Параметры воспламенения газов

Газ	Минимальная энергия воспламенения, мДж	Сила воспламеняющего тока, мА	Критический пламя-гасящий зазор, мм
Метан	0,28	133–158	2,03
Пропан	0,26	120–145	1,18
Бутан	0,26	131–141	1,78
Этан	0,24	–	1,78
Этилен	0,1	76–98	–
Аммиак	680	–	–

Вследствие весьма незначительной энергии, необходимой для воспламенения, и широкого диапазона концентрационных пределов воспламеняемости смесей с воздухом или кислородом, особую опасность при эксплуатации оборудования представляет накопление зарядов статического электричества. Электростатические заряды образуются в оборудовании при хранении и переливании жидких продуктов.

Во избежание опасности накопления такого электричества все оборудование (в особенности средства перекачки) должно иметь надежное заземление. Требования к заземлению оборудования приведены в «Правилах защиты от статического электричества».

Подземное хранение нефтепродуктов и сжиженных газов по сравнению с хранением в наземных емкостях значительно

способствует охране окружающей среды, в первую очередь – из-за их минимального испарения. Подземные хранилища, образованные в солях размывом, эксплуатируемые по принципу замещения продукта рассолом и рассола продуктом, полностью исключают потери от испарения, так как в этих емкостях отсутствуют большие и малые «дыхания».

Особенностью строительства и эксплуатации подземных хранилищ в солях является удаление рассолов, их утилизация, а также хранение определенного количества для технологических целей в рассолохранилищах. При удалении рассолов без соблюдения правил охраны окружающей среды может произойти засоление почв и водоемов, а также подземных вод.

На введенных в эксплуатацию подземных хранилищах рассол распределяется так: 68 % используют рассолопотребляющие предприятия; 25 % сбрасывается в недра; 1 % – в выработанное пространство солерудников; 6 % находится в замкнутом и рассольном цикле. Наиболее приемлемой следует считать передачу рассола рассолопотребляющим предприятиям.

При эксплуатации подземных хранилищ возможны выбросы некоторого количества продукта. Поэтому следует обеспечивать высокую герметичность и эксплуатационную надежность сооружений, а также оборудовать технологические скважины и оголовки специальными устройствами, перекрывающими в случае аварийных ситуаций рабочие сечения в скважине, соединяющие емкость с поверхностью земли.

Раздел 6

ЗАХОРОНЕНИЕ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В СОЛЯНЫХ ФОРМАЦИЯХ

Наряду с нефтью и газом энергетическая проблема человечества решается и ядерной энергетикой. К концу 2007 года в мире действовало 439 ядерных энергетических реакторов. На сегодня в мире строится 42 новых атомных электростанций (АЭС), на очереди 81. Еще 40 стран официально заявили о своем намерении создать ядерный сектор в своей национальной экономике.

Атомные электростанции работают на ядерном топливе. Во время работы ядерных реакторов состав топлива в нем изменяется, появляются и постепенно накапливаются «искусственные» трансурановые элементы и продукты их распада, препятствующие последующему протеканию цепной реакции. Через определенное время, отработанное топливо вынимается из реактора и загружается новое – свежее. Свежее ядерное топливо практически безопасно. Проработав некоторое время, оно становится облученным и получает качество материала радиоактивно опасного.

В наши дни один ядерный реактор средней мощности производит 10 тонн искусственных радиоактивных веществ. За последние полвека на Земле накопилось десятки миллиардов Кюри радиоактивных отходов. Только на конец 2010 года в мире было накоплено почти более 300 000 тонн отработанного ядерного топлива АЭС.

Наряду с обострением проблемы радиоактивного облучения, во второй половине XX века добавилась новая опасность – радиоактивное загрязнение. Что же делать с этим потенциально опасными продуктами ядерных реакторов, как обеспечить их утилизацию и захоронение? Эта проблема стала главной не только настоящего времени, но и на последующие годы. Над этой проблемой работают ученые во всем мире, от положительного решения ее в значительной мере зависят масштабы и динамика развития ядерной энергетики.

А пока на сегодняшний день всеми странами, в том числе и МАГАТЭ, признано, что наиболее эффективным и безопасным решением проблемы захоронения радиоактивных отходов (РАО) является захоронение их в могильниках на глубине не менее 500 м в глубинных геологических формациях с обязательным переводом радиоактивных отходов из жидкого состояния в затвердевшее с обеспечением многобарьерной защиты. Такое хранилище включает в себя тоннели и камеры, пройденные в горных породах, в которых размещаются упакованные отходы. В некоторых случаях, когда горная порода влажная, контейнеры с отходами окружаются цементом или бентонитовой глиной.

Глубокое геологическое захоронение отработанного ядерного топлива на сегодняшний день является предметом исследований, экспериментальных работ и промышленного использования во многих странах мира. Этому способу отдают предпочтение в

Аргентине, Австралии, Бельгии, Финляндии, Японии, Голландии, Германии, России, Испании, Швеции, Швейцарии, США, Канаде, Великобритании. Исследования, проведенные в ряде стран мира показали, что хранилища РАО можно создавать в таких горных породах, как глины (аллювий), скальные породы (гранит, базальт, туф, порфирит) и каменная соль. Да, в той каменной соли, о которой мы ведем речь в нашей книге.

Благодаря своим свойствам и особенностям, таких как отсутствие в солях мигрирующих вод, почти нет включений жидкости или газообразующих примесей, пластичности, нарушения структуры могут самозалечиваться, пласты каменной соли могут служить объектом для строительства глубинных пунктов захоронения даже высокоактивных РАО. Преимуществом солей является высокая теплопроводность. В связи с этим, при прочих равных условиях, температура в соляных могильниках будет ниже, чем в хранилищах, расположенных в другой среде. Присутствие в солях глинистых слоев различной мощности резко ограничивает миграцию радионуклидов за пределы естественных барьеров.

Кроме того, во многих странах уже существуют громадные объемы отработанных камер в соляных шахтах, где можно размещать РАО. Пришло время, когда каменная соль, как среда для размещения отходов РАО, заинтересовала многие страны. Пионером в области надежного и долгосрочного подземного захоронения РАО является Германия. Здесь еще в 1960 году была разработана концепция глубокого геологического захоронения токсичных отходов, в том числе и радиоактивных. В бывших соляных рудниках в Ассе и Морслебене на глубине 300 м размещено хранилище отработанного ядерного топлива разного уровня активности (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Подземное хранилище РАО в соляной шахте (Германия)

На шахте Ассе, где разрабатывалась калийная и каменная соли с 1995 г., начато складирование низкоактивных отходов. Полное заполнение этого могильника намечено на 2013 год. Камерная система разработки позволяет обеспечить устойчивость и прочность хранилища. Для захоронения РАО в каменной соли используются не очень глубокие шахты и штольни. При этом в подземные камеры отходы доставляются погрузчиками, засыпаются навалом или складировуются в стальных бочках и контейнерах (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Доставка отходов в подземные хранилища

В бывшей соляной шахте Морслебен размещено около 37 тыс. м³ отходов и продолжают исследования геомеханической стойкости соляного массива. Надежность эффективной изоляции РАО в солевых формациях подтверждается опытом эксплуатации хранилища «Горлебен».

В США 43 тыс. тонн ядерных отходов хранятся во временных хранилищах. 103 ядерных реактора страны производят ежегодно 3 тысячи тонн ядерных отходов. Американские ученые и проектировщики работают над расширением объемов хранилищ РАО в пластах каменной соли. Имеющееся хранилище находится на глубине 650 м, где отходы хранятся в стальных контейнерах. В США продолжается изучение соляных отложений в районе г. Карсбад (штат Нью-Мексико) в подземной лаборатории на глубине 655 м для строительства подземного хранилища РАО.

Над проблемой захоронения РАО работают ученые и специалисты в Российской Федерации. Как перспективные, рассматриваются солевые массивы, расположенные в Республике

Коми и на юге Архангельской области. Для создания региональных могильников (хранилищ) рассматриваются вопросы использования выработанных пространств месторождений каменной соли в республике Коми. Использование выработанных солевых шахт для захоронения РАО исключает затраты на горно-проходческие работы, а отходы будут являться балластом для заполнения пустот.

Таким образом, использование солевых формаций для захоронения радиоактивных отходов атомных электростанций позволит решить наиболее острую проблему ядерной энергетики, являющуюся принципиальным условием ее дальнейшего развития.

Раздел 7

СОЛЬ ЛЕЧИТ (СПЕЛЕОТЕРАПИЯ)

Соль таит в себе множество скрытых и удивительных свойств. Одно из них – лечебные свойства. Около 4 500 лет назад в Китае появился трактат по фармакологии, в котором большое место было отведено способам употребления соли в лечебных целях. На Руси целебные свойства соли были известны давно. Соль использовалась в растворе с иодом и водой для полоскания горла при ангине. Раствор теплой воды с солью снимает острую зубную боль. Среди военных бытовало мнение, что соль бережет в бою от ран. Во время Великой Отечественной войны опытные хирурги накладывали повязки с раствором соли на раны, после чего рана быстро очищалась и снижалась температура.

Прошло время и ученые расширили применение новых лечебных свойств соли. Эти свойства были воплощены в один из методов немедикаментозной реабилитации и лечения органов дыхания, в основе которого лежит использование микроклимата подземных объектов (соляных шахт и карстовых пещер) – спелеотерапия (греч. *speleon* – пещера).

История спелеотерапии насчитывает около 2500 лет. Еще Плиний Старший (79–23 г.г. до н. э.) в «Естественной истории», использовавшейся до конца XVII в. как источник знаний о природе, писал, что «соль из пещер облегчает страдания, лом в плечах и пояснице, колотье в боку, резь в желудке». В эпоху солеварения люди заметили лечебные свойства соленой воды. Так, в Германии в XIX в.,

где было развито солеварение, с использованием градирен оборудовались лечебные заведения, больные прогуливались вдоль градирен, вдыхая воздух, насыщенный соляными испарениями (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Старая градирия лечебного заведения (Германия)

Хотя история спелеотерапии, как метода лечения путем длительного пребывания в условиях микроклимата соляных шахт, известна была давно, однако лишь во второй половине XX-го века началось научно обоснованное применение галоклимата (от греческого слова «halos» – соль) соляных шахт в комплексной терапии аллергических и неаллергических заболеваний бронхологической системы.

В настоящее время спелеотерапевтические лечебницы функционируют в соляных шахтах Армении, Беларуси, Болгарии, Германии, Киргизстана, Польши, России, Румынии, Украины. Микроклимат подземных лечебниц в солях отличается стабильностью, полным отсутствием пыльцевых аллергенов, практической стерильностью и высокой ионизацией воздуха.

Особенный интерес представляют соляные шахты. Еще в середине XIX века врач Ф. Бочковский заметил целебное действие воздуха соляных шахт одного из самых старых соляных рудников «Величка» (Польша). Шахтеры, постоянно работавшие в шахте, никогда не болели астмой, туберкулезом и другими заболеваниями дыхательных путей. На основании этих наблюдений было организовано лечение больных, а в 1964 г. в шахте, где 700 лет добывали соль, на глубине 200 м был открыт подземный аллергологический санаторий (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Подземный аллергологический санаторий «Величка» (Польша)

В помещениях, размещенных в соляных камерах, температура воздуха постоянная и составляет 20–22 °С, специфический микроклимат бактериологической чистоты. Воздух шахты вмещает большое количество лечебного хлористого натрия, а также ионы магния, марганца и кальция. Климат горных выработок не содержит традиционных аллергенов, присутствующих на поверхности. Санаторий «Величка» лечит больных, страдающих бронхиальной астмой, коклюшем, другими легочными заболеваниями, заболеваниями кожи и аллергией у детей и взрослых.

В 1978 г. соляные шахты «Величка» были включены в списки ЮНЕСКО как достопримечательности всемирного культурного достояния и в настоящее время являются одними из самых известных в Польше туристических маршрутов.

В Украине развитие спелеотерапии началось в 1968 г. с открытием больницы в г. Солотвино Закарпатской области. В 1976 г. она была реорганизована в Украинскую аллергологическую больницу, считающейся одной из крупнейших в мире. Здесь основной метод лечения – спелеотерапия проводится в выработках большого сечения (камерах), специально пройденных в соляном массиве на глубине 300 м от поверхности.

Лечебный комплекс создан на базе действующей шахты Солотвинского солерудника. Больные доставляются в подземное отделение по вертикальному стволу шахты в специальных лифтах и проводят под землей 7–8 часов. Микроклиматические условия отделения характеризуются параметрами: температура воздуха – 22–22 °С, относительная влажность 20–60 %, отсутствуют аллергены и вредные газы, сниженный до минимума радиационный фон и влияние

электромагнитных полей, воздух насыщен биологически активным аэрозолем хлористого натрия.

В Украинскую аллергологическую больницу принимаются больные с бронхиальной астмой легкой и средней степени тяжести и хроническим бронхитом. Эффективность лечения составляет 80–86 % среди взрослых и 90–95 % среди детей. На протяжении года больница принимает около 3 тысяч больных. Сегодня, как ни печально, Солотвинская больница и весь рудник переживают тяжелое время в связи с поступлением в шахту воды, создающей аварийную ситуацию. И наши потомки нам не простят, если эта уникальная шахта и аллергологическая больница прекратят свое существование.

Широкую известность получил в последние годы спелеосанаторий «Соляная симфония», расположенный в юго-восточном регионе Украины (г. Соледар, Донецкой области). Его называют белой жемчужиной Украины. Лечебное отделение расположено на глубине 280 метров в толще Подбриянцевского пласта Артемовского месторождения каменной соли, разрабатываемого с 1871 года. Санаторий предназначен для профилактики, лечения и реабилитации после лечения астмы и других бронхолегочных заболеваний. По химическому составу данная соль не имеет аналогов в мире, поскольку на 99 % состоит из чистого NaCl и только 1–1,5 % составляют примеси, не содержащие вредных элементов.

В соляной шахте более всего ценно наличие в воздухе отрицательно и положительно заряженных ионов и природного аэрозоля, состоящего на 98–99 % из частиц соли размером до трех микрон. При вдыхании эти частицы попадают непосредственно в альвеолы легких, включаются в биохимические процессы и происходит перестройка организма. Совокупность многих факторов оказывает эффективное лечебное воздействие на организм больного человека.

Сегодня лечение в условиях микроклимата соляной шахты в г. Соледар является одним из наиболее эффективных природных, безмедикаментозных способов лечения. Об этом говорят цифры: эффективность лечения в санатории «Соляная симфония» составляет: среди взрослых – 70–85 %, среди детей – 85–95 %. В первую очередь пациент проходит обследование на поверхности в корпусе, потом на несколько часов опускается в целебные глубины соляных шахт Соледара. В зависимости от степени заболевания, врач назначает

количество часов посещения соляных шахт. Всего за время лечения человек проводит под землей от 80 до 220 часов.

В России с 1977 г. действует первая в мире сильвинитовая спелеолечебница в калийном руднике на Верхнекамском месторождении калийных солей (г. Березники, Пермская область). Клиническая эффективность подземной спелеотерапии составляет 85,2 %. Широкие перспективы открываются и перед использованием камер других соляных рудников России для организации спелеосанаториев. В первую очередь это соляной рудник в Соль-Илецке, где отработанные камеры имеют высоту и ширину порядка 30 м и длину 500 м. Это уникальное месторождение представлено чистейшим хлористым натрием. В перспективе и на Тыретском солеруднике будет построена здравница.

В Беларуси аллергологическая больница построена в отработанной соляной шахте Солигорского бассейна на глубине 430 м. Подземные палаты расположены в соляном и калийном пластах.

В Киргизстане с 1981 года действует лечебно-оздоровительный центр Чон-Туз в специально пройденных соляных шахтах на высоте 2 100 м над уровнем моря. Уникальное сочетание таких природных факторов, как высокогорье и повышенная концентрация аэрионов в спелеошахтах, помогает при многих заболеваниях органов дыхания.

Широкое развитие получила спелеотерапия в Западной Европе, особенно в Германии. Немецкий союз спелеотерапии объединяет 12 спелеолечебниц, созданных в соляных рудниках и карстовых пещерах. В Шенебеке, возле Магдебурга, в двух галереях соляной шахты на глубине 400 м действует подземный санаторий. Соляной воздух не вмещает бактерий, постоянная температура и повышенное атмосферное давление позволяют лечить болезни дыхательных путей и некоторые заболевания кожи.

Особой популярностью пользуется курорт в Берхтесгадене, расположенный в Баварии. Здесь находится уникальная соляная штольня. Специальный электропоезд доставляет посетителей вглубь горы. Через 750 м пути открываются деревянные ворота и мы попадаем в огромный зал площадью 850 м², находящийся в соляном пласте (рис. 7.3).

Специальное освещение создает в зале атмосферу сказочного замка. Особый климат в соляной штольне вызывает положительный

лечебный эффект при заболеваниях верхних дыхательных путей, аллергии, ревматизмах.

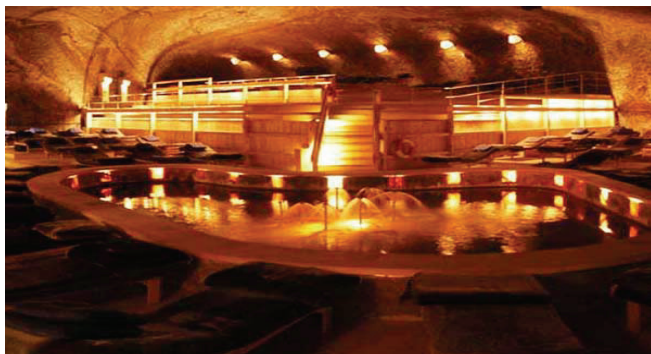


Рис. 7.3. Подземная лечебница в бывшем соляном руднике Берхтесгадена (ФРГ)

В Румынии первая солелечебница была построена в соляных коях Прайда на глубине 120 метров. В соляных гrotтах Тырну-Окна устроен самый большой санаторий в Европе Слэник Прахова. В огромных камерах обустроены палаты, кегельбан, спортивные площадки. В старой соляной штольне на глубине 210 м проводятся лечения больных с заболеваниями органов дыхания.

Спелеотерапией не заканчиваются лечебные свойства соли. Наличие солевых рассолов и минеральных вод в морях и озерах способствовало созданию многих современных бальнеологических курортов, лечебниц, домов отдыха, где посетителей ждет нетрадиционное лечение солью, грязями и минеральными водами. На многих континентах существуют уникальные соляные озера, обладающие лечебными свойствами.

Соляное озеро Развал расположено в Оренбургской области (Россия) рядом с крупным солерудником Соль-Илецк. Оно образовалось на месте котлована. Над озером возвышаются крутые берега, сложенные каменной солью. Вода в озере Развал представляет собой насыщенный соляной раствор, содержащий более 200 граммов соли на литр воды.

По химическому составу и концентрации соли, вода в озере Развал похожа на воды Мертвого моря. В настоящее время город Соль-Илецк является курортом, ежегодно его посещают тысячи

людей с целью подлечить свое здоровье и просто отдохнуть, поскольку озеро является уникальным по своим лечебным качествам и лечит от многих заболеваний (остеохондроза позвоночника, псориаза, полиартрита и др.) (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Соляное озеро Развал (Россия)

Уникальным является соляное озеро в Солотвино (Закарпатская область, Украина), образовавшееся в соляном куполе, выходящем на поверхность земли в результате сброса рассолов из шахты. Этот уголок природы стал любимым местом отдыха и лечения жителей и гостей.

И конечно, нельзя не сказать об уникальном соляном Мертвом море (Израиль). Здесь, на песчаном берегу всемирно известного курорта, в условиях особых климатических характеристик и лечебных факторов, восстанавливают свое здоровье десятки тысяч посетителей.

Вода в озере до предела насыщена солями калия и магния. Каждый литр этой уникальной воды содержит 170 г хлорида магния.

Высокое содержание солей и различных микроэлементов в водах Мертвого моря, обеспечивающее уникальную высокую плотность воды, и органические компоненты лечебной грязи дают высокий и стойкий терапевтический эффект.

Так, целебные свойства соли, с которыми человек сталкивался на протяжении веков, воплотились в реальность.

Раздел 8

СОЛЯНАЯ «СИМФОНИЯ»: ГОРОДА, МУЗЕИ, ГАЛЕРЕИ ИСКУССТВ

В этом разделе мы решили ознакомить читателя с богатыми солью местами – соляными городами, сохранившими в своем имени историю и отголоски солеварения и добычи соли в соляных коях (шахтах) и воплотившими их в музеи соли, туристические маршруты, и соляное искусство. Оказывается, в наше время, в искусство можно превратить все – и даже соль.

На карте мира имеется множество географических названий, связанных с соляным производством. В России – города Соликамск, Солигалич, Соль-Илецк, Сольвычегодск, Усолье, реки Солониха, Солоница и др; в Украине – Солотвино, Соледар (дарить соль); в Беларуси – Солегорск; в Австрии – Зальцбург (соль-город); в Германии – Halle, Hallein, Hallstatte (от немецкого слова «Hal», взятого из кельтского наречия и обозначающего соль); в Боснии – Тузла (от турецкого tuz – соль) и т. д. Многие города, утверждая свой герб, отображали на нем производство соли в своем крае.

В соляных городах история добычи соли отображалась в музейных экспонатах. В умелых руках мастеров соль превращалась в шедевры искусства – скульптурные произведения, а подземные камеры, где когда – то добывали соль – в громадные музейные, концертные залы и соборы.

По этим соляным местам мы и хотим провести небольшую экскурсию. Мы начнем с соляных копей в Величке (Польша). В течение столетий горных дел мастера не только добывали соль, но и высекали в толще каменной соли часовни, соборы, скульптуры и даже люстры.

Соляные копи Велички – это также музей горного дела, начало которому положено еще в XIII веке. В наше время этот уникальный подземный мир признан достоянием мировой культуры. Размеры этого подземного царства соли вызывают восторг. Этот комплекс пещер, переходов, громадных залов длиной в 300 км, подземных озер образует девять ярусов и достигает глубины 327 м.

До того, как были обнаружены месторождения каменной соли в Величке, соль добывали путем вываривания ее из соляных растворов и источников, выступающих на поверхность. По мере исчерпания

наземных источников, люди стали искать соль под землей. Пробивали шахтные колодцы и находили залежи каменной соли. Чтобы добраться до основной залежи, необходимо было пройти шахтный ствол. Он был прорублен в 1635–1640 годах, когда копиями управлял Николай Данилович. Так и назвали его, шахтный ствол Даниловича. Ствол долгое время служил для транспортировки соли на поверхность, а с XIX века по стволу осуществлялась транспортировка рабочих и туристов.

Надшахтное строение первоначально было деревянным и в нем размещался конный привод для подъемника. В 1874 году была установлена паровая машина и возведено каменное надшахтное строение, используемое и по сей день. После Второй мировой войны установлен подъемный механизм с электрическим приводом.

Шахтный ствол неоднократно перестраивался. Сегодня он углублен до 4 уровня соляных копей. В нем есть два коридора: лестничный (для спуска) и лифтовый (для подъема на поверхность).

По вертикальному стволу спускаемся в подземный мир соли, где каждая камера и скульптура из соли определяют историю и эпоху. В первой половине XVII века была образована камера Яновице, в которой в 1967 году установлены фигуры из соли, вырезанные горным скульптором Мечиславом Клузкой. Фигуры представляют целую композицию, иллюстрирующую легенду об открытии месторождения каменной соли в Величке.

Соль была найдена в Величке в первой половине XIII века. Легенда гласит, что дочь венгерского короля Белы IV, перед тем как выйти замуж, бросила свое обручальное кольцо в соляную шахту в Марамуреше. И это кольцо чудесным образом, вместе с залежами соли, перенеслось в Величку. Шахтеры, выламывая соль из массива в указанном княгиней месте, нашли соль. И в первом добытом соляном камне находилось обручальное кольцо княгини. С той поры Кинга считается покровительницей шахтеров-солекопов, а в 1999 году римский папа Иоанн Павел II, во время своего визита в Польшу, объявил ее святой. На скульптурной композиции шахтер подает княгине Кинге первый соляной камень с находящимся в нем ее обручальным перстнем (рис. 8.1).

Среди множества творений соляных дел мастеров истинным шедевром подземного зодчества считается собор Святой Кинги. Собор расположен на глубине 101 м, его размеры: длина – 54 м, ширина – 18 м, высота – 10–12 м. Собор и все его элементы создали

из соли братья Юзеф и Томаш Марковские. По лестнице, выдолбленной в соли, мы попадаем в соборный зал. Поражают своей красотой скульптуры, высеченные в соляном массиве и люстры, выполненные из кристаллов соли.



Рис. 8.1. Шахтер вручает княгине Кинге каменную соль с обручальным перстнем

Экспонаты подземного музейного комплекса отражают и многовековую историю соляного дела. В течение многих столетий транспортировкой соли занимались исключительно сами шахтеры. Крупные куски соли – «болванки» – они перекачивали, а бочки, наполненные мелкой солью и куски поменьше – перетаскивали при помощи салазков. В начале XVII столетия в коях появились лошади, приводившие в движение конный привод и заменяющие людей на участках горизонтальной транспортировки (рис. 8.2).



Рис. 8.2. Транспортировка соляных глыб в коях Велички

Представляет интерес и конный привод саксонского типа (XVIII век), являющийся подлинным деревянным механизмом для вертикальной транспортировки огромных соляных глыб по шахтным шурфам с нижних уровней на верхние.

Механизм приводили в движение четыре лошади, запряженные в тягловые рычаги. Конный привод был снабжен вертикальным валом с расположенным сверху барабаном, на который наматывались конопляные канаты (рис. 8.3).



Рис. 8.3. Старинный подъемный механизм

В XV веке соляную шахту в Величке начали показывать привилегированным особам в познавательных целях. До конца XVI века туризм оставался элитарным, посетить горные выработки можно было только с разрешения короля. В начале XIX века число посетителей достигало 100 человек ежедневно. Сегодня по туристическому маршруту Велицких копей в год проходит до 1 млн. туристов.

В Украине история соляной промышленности представлена музеями в Соледаре и Солотвино. В Соледаре открыт уникальный музей истории разработки соли в Донбассе. У входа в музей стоит выдолбленная из соляного целика фигура первого солекопа с киркой на плече и фонарем. Музей расположен под землей на глубине 288 м в одной из отработанных соляных подземных выработок шахты ГП «Артемсоль».

В залах музея располагаются выставочные экспонаты, рассказывающие о зарождении соляной промышленности в старом Бахмуте, истории добычи соли с давних времен и до наших дней.

Свою лепту в подземную соляную сказку внесли мастера, творением рук которых созданы уникальные соляные скульптуры.



Рис. 8.4. Соляная скульптура «Шахтер»

Главной достопримечательностью шахты является камера огромных размеров (соляной зал). Ее высота 24 м, ширина 17 м, длина 135 м, объем камеры составляет 60 тыс. м³. На протяжении 1988–1990 г.г. здесь было добыто 117 тыс. тонн соли. Только здесь можно наблюдать уникальное явление – эффект звукового облака, что создает неповторимую акустику. В этом соляном дворце был зафиксирован ряд рекордов, занесенных в книгу Гиннеса.

В декабре 2003 г. в этом подземном соляном зале было осуществлено первое подземное воздухоплавание на воздушном шаре. Шар поднялся над полом на 17 м и летал под землей более четырех часов!

Вторым рекордом был концерт Донбасского симфонического оркестра «Соляная симфония» под руководством австрийского дирижера Курта Шмида с участием солистки Венской оперы Виктории Лукьянец, состоявшийся в октябре 2004 года.

О звучании оркестра в соляной шахте австрийский композитор и дирижер Курт Шмид сказал: «Я просто поражен! Ноты взлетали к сводам пещеры, а затем медленно, как облако, опускались. По словам дирижера в мире есть всего 2–3 театра, которые могут соперничать с акустикой артемовских соляных шахт.

Также в этом зале был зафиксирован рекорд, попавший в книгу рекордов Украины. Установил его Дмитрий Халаджи. Этот богатырь поднял и удержал 100 пудов соли (32 мешка с солью по 50 кг каждый;

общий вес снаряда – 1 600 кг) и не где-нибудь, а под землей на глубине 300 метров в соляной шахте Соледара. В шахте на глубине 300 м, рядом с экскурсионным маршрутом, функционирует спелеосанаторий «Соляная симфония», где с успехом лечат различные дыхательные и аллергические заболевания; о нем мы рассказывали читателям в предыдущем разделе.

Второй музей находится в поселке Солотвино (Закарпатская область) в старом здании администрации солерудника (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Один из залов музея истории соляных копей в Солотвино

Музей истории соляных копей в Солотвино рассказывает о зарождении и развитии соляных промыслов на Закарпатье, способах добычи соли на территории края в разные исторические эпохи. Музей расположен недалеко от Солотвинского солерудника, являющимся одним из крупнейших в Европе (запасы соли здесь составляют 300 млн. тонн, толщина слоя промышленной разработки – 300 м).

В музее представлены орудия труда солекопов, фонари и светильники, одежда и личные вещи шахтеров, различные инженерные конструкции, документы, карты и фотографии. К сожалению, музей, ввиду экологической катастрофы, связанной с интенсивным поступлением воды в горные выработки шахт, может стать единственным свидетелем того, что в этом крае добывали каменную соль.

Однако не теряем надежду на то, что необходимость в Закарпатской каменной соли будет осознана учеными,

производственниками и должностными лицами, и в этом крае будет построена новая шахта и аллергологическая больница.

В России имеется несколько исторических памятников древнего «русского соляного промысла»: соляные варницы в Тотье, выставка истории солеварения в селе Леденьга, архитектурно-этнографический комплекс Музей истории «Соли России» и др.

Музей «Соли России» включает в себя территорию Усть-Боровского солеваренного завода, основанного в 1878 году купцом Александром Рязанцевым. Уникальность музея состоит в том, что в нем представлен единственный сохранившийся до наших дней комплекс промышленного цикла добычи соли в XIX веке. Экспонаты музея рассказывают об истории соляных промыслов Прикамья.

Большинство производственных сооружений Усть-Боровского солеваренного завода было построено в 80–90 годы XIX века. Рассолоподъемные башни сооружались над скважинами, пробуренными для извлечения рассола из-под земли. Глубина скважин составляла около 170 метров. Первоначально поднятие из скважины рассола осуществлялось с помощью насоса.

Рассол поступал из рассолоподъемной башни в соляной ларь. В нем рассол отстаивался, а затем поступал в соляную варницу. В варнице, в результате кипения рассола, образовывались твердые кристаллы соли. Готовая соль складировалась в амбары, расположенные на берегу реки Камы. Далее она грузилась на баржи, следовавшие в крупные торговые города на Каме и Волге.

В настоящее время на территории музейного комплекса сохранились две рассолоподъемные башни, три ларя, шесть варниц, четыре соляных амбара и здание конторы солезавода.

История солеварения представлена и в Музее соли города Цыгун, что находится в Китае. Еще 1 900 лет тому назад в Цыгуне начали варить соль, используя в качестве сырья насыщенные ею подземные воды. Поваренная соль превратила Цыгун в «столицу соли» с тысячелетней историей. В 1959 году в Цыгуне был создан Музей солеварения, где демонстрируются технологии, инструменты и исторические ценности, свидетельствующие о развитии индустрии солеварения в Китае.

Одним из важнейших туристических объектов в Цыгуне является скважина Шэньхай. Это первая в мире скважина глубиной более 1 км, диаметром – 11,4 см. В музее демонстрируется древняя технология солеварения: древние скважины и оборудование.

Вернемся в Европу. В 15 км от Зальцбурга (Австрия) находится знаменитая соляная пещера – это шахта Халляйн. Горизонтальная шахта, по которой движется поезд, знакомит гостей с образованием соляных копей и добычей соли со времен кельтов и до наших дней. В камерах и горных выработках разместились музейные экспонаты и картинная галерея.

В Германии своей соляной историей славится Люнебург (гензейский немецкий город в Нижней Саксонии). В Средние века город был очень богатым благодаря торговле солью. Рядом с городом находилось несколько месторождений соли. По Старому соляному пути ее доставляли в Любек и далее на все балтийское побережье.

Более тысячи лет соль определяла историю Люнебурга. Ее добывали вывариванием из рассолов. В XIX веке ежегодно таким путем получали от 10 до 18 тыс. тонн соли в год. В 1980 году городской соляной рудник закрылся и в здании местной шахты открыли музей. Экспонаты музея знакомят с технологией получения соли. Рассол поступал на «сковородки», а после выварки и высушки соль собиралась специальным устройством и отправлялась дальше по конвейеру (рис. 8.6).



а)



б)

Рис. 8.6. Выварка соли (а); транспортировка соли (б)

Вначале «сковородки» были малых размеров, а затем они увеличились до 20 м в длину и 8 м в ширину. С конвейера соль погружалась в транспортные средства и развозилась по стране.

В Испании существует единственная в Европе «Гора из каменной соли». После обработки месторождения в 1990 г. гора, пронизанная

подземными пещерами и галереями, превратилась в необычный туристический аттракцион «Мир соли».

Здесь в удивительных гротах соляные кристаллы преобразуются в изумительные сталактиты и сталагмиты прозрачно-белого, желтого и красного цветов, создавая волшебное пространство. Все это дополняется соляными скульптурами и коллекцией старинного оборудования.

Представляет интерес сооружение в каменной соли, находящееся в Колумбийской столице Боготе. Это подземный кафедральный собор в Синакира. Добыча каменной соли была важной отраслью этого региона. В 1801 году соляные пещеры посетил известный немецкий ученый Александр Гумбольдт, изучавший этот соляной район.

Сегодня соляные пещеры пронизаны штольнями и тоннелями, длина некоторых из них достигает 21 км. Идея построить под землей в соляном пространстве Кафедральный собор родилась у самих шахтеров. Они решили посвятить его мадонне Гуасса (католическое имя – Росариа) – покровительнице шахтеров.

Строительство собора началось в 1950 году. Большой кафедральный зал, площадь которого равняется парижскому Нотр-Даму, украшают толстые соляные колонны. Алтарь собора составлен с 16-ти тонного соляного блока. Собор действующий. В нем воздух насыщен солями, оказывающими оздоровительное действие на посетителей. Врачи прописывают посещение комплекса своим пациентам, страдающим легочными заболеваниями.

Заключение

Сегодня в XXI веке поваренная и калийная соли не утратили своего значения, как жизнеобеспечивающие компоненты жизни на Земле.

Добыча поваренной соли в странах СНГ в настоящее время составляет в среднем 13 млн. т., около 95 % из общего показателя формируется тремя государствами: Россия (57,8 %), Украина (29,9 %), Беларусь (6,6 %).

Поваренная соль и дальше будет использоваться в более чем полутора тысячах производств разных видов продукции.

Дальнейшее развитие получит и калийная промышленность. Калийные соли останутся основным сырьем для производства высококачественных удобрений сельскохозяйственной продукции.

Эффективная и безопасная подземная добыча каменной и калийной солей должна обеспечиваться решением многих горно-технических проблем. В первую очередь – это разработка мероприятий по устранению притоков пресных грунтовых вод в горные выработки, недопущение образования и развития карстовых провалов, что часто приводит к техногенным катастрофам. И такие случаи имели место (Верхнекамские калийные рудники в России, калийные и соляные рудники в Украине).

Важной задачей следует считать решение проблемы комплексного освоения каменносоляных и калийных месторождений, уменьшения потерь полезного ископаемого при добыче, повышения длительной прочности и устойчивости горных выработок с тем, чтобы подземное пространство могло быть использовано в широкомасштабном и разностороннем аспектах жизни человека.

Соляные формации и в дальнейшем будут использоваться для создания эффективных и экономичных подземных хранилищ углеводородов и отходов промышленных предприятий.

И, наконец, соль не перестает удивлять человека и сегодня, в XXI веке. Скульптуры и изделия, вырезанные из кусков и огромных глыб каменной соли, репродукции икон и картин украшают подземные соборы, музеи, картинные галереи. Плитами разноцветной каменной соли отделывают интерьеры жилищ.

Таким образом, мы постарались показать, что без соли нет жизни на Земле.

Список литературы

1. Авгаян Г.М. Физические свойства осадочных пород при высоких давлениях температурах. – М.: Недра . 1972. – 226 с.
2. Бакка М.Т., Легужко А.С., Пчелкин Г.Д. Основы гірничого виробництва. Навчальний посібник. – Житомир, 1999. – 430 с.
3. Бакс К. Богатства земных недр. – М.: Прогресс, 1986. – 383 с.
4. Белкин В.В. Мониторинг геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна. – Березники: Пермск. гос. техн. ун-т, ОАО «Уралкалий», 2004. – 252 с.
5. Белоцерковская Г.В., Белоцерковский Е.А. О создании подземных хранилищ жидких углеводородов в соляных пластах, содержащих прослой нерастворимых пород // Нефтяное хозяйство.– 1967.– № 12. – С. 46–48.
6. Большая Советская Энциклопедия. – М.: Сов. Энциклопедия. – 1969–1978 г.г.
7. Бугай Ю.М., Глоба В.М., Нагорний В.П., Венгерцев Ю.О. Спорудження нафтобаз і газонафтоховищ: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Віпол, 2000. – 606 с.
8. Гаркушин П.К. Параметры взрывной отбойки калийных руд Предкарпатья. // Калийная промышленность, вып. 3, 1979.
9. Гжесевски Е., Йодловски А., Кальватые Э. и др. Величка. Старинная шахта соли: Путеводитель.– Величка: Музей краковских соляных копей, 1981.
10. Глоба В.М. Сооружение подземных газонетфехранилищ. – Львов: Вища школа, 1982. – 148 с.
11. Горная энциклопедия. – М.: Сов. Энциклопедия, т. 2, 1986. – 575 с.
12. Гофман-Захаров П.М. Проектирование и сооружение подземных резервуаров нефтегазохранилищ. – Киев: Будівельник, 1973. – 244 с.
13. Иванцов О.М. Подземное хранение жидких углеводородных газов. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 148 с.
14. Кулле П.А. Разработка месторождений соли подземным выщелачиванием // Труды ВНИИГ, вып. 20, 1949. – С. 55–61.

15. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. – М.: Высш. школа, 1984. – 202 с.
16. Лубенец Г.К., Посяда В.С. Строительство подземных сооружений. – К.: Будівельник, 1970. – 418 с.
17. Мазуров В.М. Подземные газонефтехранилища в отложениях каменной соли. – М.: Недра, 1982. – 212 с.
18. Мазуров В.А., Васюта Ю.С., Колосов А.В. Создание подземных емкостей в пластах соли малой мощности // Газовая промышленность.– 1969.–№ 6.– С. 18–20.
19. Мала гірнича енциклопедія. За редакцією д.т.н., проф. Білецького В.Г. – Донецьк: Донбас, т. 1, 2004. – 640 с.
20. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения. – М.: Недра, 1992.
21. Мостков В.М. Подземные сооружения большого сечения. – М.: Недра, 1974. – 320 с.
22. Нагорный В.П., Глоба В.М., Денисюк И.И. Взрывные работы при добыче природных углеводородов, строительстве подземных трубопроводов и подземных хранилищ. – К.: Поліграфіст. 2009. – 330 с.
23. Нагорный В.П., Глоба В.М. Горное дело. Дорога длиною в тысячелетия. – К.: Эссе, 2010. – 288 с.
24. Нагорный В.П., Глоба В.М. Обо всем, что под землей (добывается, сооружается, размещается). – К.: Эссе, 2010. – 205 с.
25. Нагорный В.П., Глоба В.М. Сооружение и эксплуатация подземных хранилищ в отложениях каменной соли. – К.: Эссе, 2010. – 176 с.
26. Нестеров М.П., Пельцер И. Связь полноты извлечения руд из недр с ликвидацией рудников при прекращении их эксплуатации // Пути снижения потерь при добыче калийных руд. – Л.: 1978.
27. Петренко Е.В. Освоение подземного пространства. – М.: Недра.1988. – 150 с.
28. Проблемы соленакопления. – Новосибирск: Наука, т. 1, 1977. – С. 34–48.

29. Проскуряков Н.М., Пермяков Р.С., Черников А.К. Физико-механические свойства соляных пород. – М.: Недра, 1973. – 272 с.
30. Савич И.Н., Витяков М.В. Технология очистной выемки Верхнекамского калийного месторождения. – М.: Недра, 2006.
31. Сооружение газохранилищ и нефтебаз. / Т.Т. Стулов, Б.В. Поповский, О.М. Иванцов и др. – М.: Недра, 1973. – 182 с.
32. Токарчук А.В., Яцков А.В., Смагин С.А. Некоторые особенности поведения каменной соли при динамических нагрузках // Теория и практика совершенствования взрывных работ. – Киев.: Наук. думка, 1990.– С. 102–107.
33. Федоров Б.Н. Формообразование подземных емкостей выщелачиванием в отложениях каменной соли с использованием газообразного нерастворителя // Газовая промышленность. – 1967. – № 2. – С. 32–36.
34. Фивег М.П. Как образуются залежи каменной и калийных солей. – Новосибирск: Наука, 1983. – 79 с.
35. Царенков Ю.В. Метод обрушения пропластков нерастворимых пород в подземной емкости // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 1979.– № 5. – С. 10–15.
36. Швецов П.Ф., Зильберборд. Под землей, чтобы сберечь землю. – М.: Наука. 1983. – 144с.
37. Яремійчук Р.С., Возний В.Р. Основи гірничого виробництва. Видобування нафти, газу та твердих корисних копалин. Підручник. – К.: Кондор, 2006. – 376 с.
38. Unseve Erde. Urania – Verlag – Leipzig – Jena – Berlin, 1974.
39. Gunter Kuhn. Der maschinelle Tiefbau. – Stuttgart: B.G. Teubner, 1992
40. Hans – Heinz Emons, Hans – Henning Walter. Mit dem Salz durch die Jahrtausende. – Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. – 1984.
41. <http://www.mineral.ru/Facts/russia/113/103/kalii.pdf>
42. <http://jupiters.narod.ru/varjagi.htm>

43. <http://www.mining-media.ru/ru/article/podzemn/536-analiz-razvitiya-tehniki-i-tehnologii-dobychi-kamennoj-soli-podzemnym-sposobom>
44. <http://sankurtur.ru/methods/369/>
45. <http://www.austria-all.ru/salzburgerland/hallein.htm>
46. <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
47. <http://dead-sea.ru/>
48. <http://bestreferat.com.ua/referat/detail-6305.html>
49. <http://www.miningexpo.ru/articles/54>

Все о поваренной соли (соль в пословицах, традициях, притчах, истории, сказках, высказываниях великих людей)

- Гомер называл соль «священной субстанцией».
- Народная мудрость гласит: чтобы разобраться с человеком с ним надо совместно съесть пуд соли.
- Русская пословица гласит: «И старая кобыла до соли лакома».
- Дорогим гостям мы говорим: «Хлеб да соль».
- В Голландии существует традиция – класть соль в колыбельку ребенку.
- В «Нагорной проповеди» (Евангелие от Матвея) читаем: «Вы есть соль земли. Если же соль потеряет силу, то чем сделаешь ее соленой».
- У римлян существовала поговорка: нет ничего полезнее солнца и соли.
- Старая русская пословица гласит: «Без соли не проживешь».
- Соли в Европе было настолько мало, что рабочие – солевары пользовались большим почетом и назывались «благороднорожденными», а солеварение считалось «святым» делом.
- «Солью» производилась оплата римских воинов и от этого произошло название мелкой монеты: в Италии «солиди», во Франции «солид».
- У многих народов существовал обычай «солить» новорожденных. Этим они предохраняли их от злых духов, с которыми олицетворяли болезни, бессонницу и даже капризы детей.
- В 1318 году король Филипп V ввел в ряде городов Франции налог на соль. За пользование морской водой – штраф.
- В Китае налог на соль был введен еще в VII веке до нашей эры.
- У алхимиков в поисках философского камня соль была пятым веществом, пятой эссенцией и часто они называли ее «квинт эссенцией».
- При царице Анне Иоановне была учреждена особая Соляная контора, чтобы ведать всей соляной промышленностью необъятной России.
- «Солоный путь» (по которому перевозили соль), так на Руси еще во времена скифов называли путь, который пролегал через степи

от Днепра на юг к Черному морю и далее к Азовскому морю и Северному Кавказу.

- «Соленые деньги» – разновидность натуральных денег, которые имели хождение в XIII веке в Тибете, в XIX веке в Бирме, Гвинее, Эфиопии. Штемпель на куске соли служил гарантией качества и веса.
- «Соляная дорога» – древний торговый путь, связавший Рим с сабинским городом Реате. По соляной дороге сабиняне ввозили в Рим недостающую им соль, что и дало повод к названию дороги.
- «Соляной поход» был предпринят в 1930 году в Индии М.К. Ганди и его 79 последователями. Они прошли путь пешком от города Ахмадабар до селения Даили на берегу Аравийского моря в знак нарушения колониальной соляной монополии. Они три недели выпаривали соль из морской воды. Поход был началом массовой кампании неповиновения английским колониальным войскам в Индии.
- Белое золото земли – так называют поваренную соль.
- «Соляной бунт» – Московское восстание 1648 года. Это была реакция низших и средних слоев населения на политику правительства боярина Бориса Морозова. Были обложены пошлиной многие товары, в том числе и соль, что вызвало ее подорожание в несколько раз.
- Как описывает значение соли М.В. Ломоносов: В Абиссинии за четыре куска соли покупали раба.
- В отдельные исторические периоды соль ценилась наравне с золотом.
- Среди древних евреев соль использовали для сохранения еды, в качестве приправы и во всех жертвоприношениях.
- Соль была важна для ритуала и стала одним из символом завета между Богом и его народом.
- Среди военных бытовало мнение, соль бережет в бою от ран и смерти.
- В европейских преданиях невеста сыплет соль на стол, за которым пирует забывший ее и самого себя жених, у него раскрываются глаза, и он вспоминает и собственное имя, и свою возлюбленную.

- О соли в сказках. Баба Яга дает соль Ивану-солдату в качестве талисмана, когда тот отправляется за своей невестой в тридевятое царство.
- «Среди всех солей главная и основная соль та, которую мы просто называем солью». Академик А.Е. Ферсман.
- В 1543 году 40 тысяч крестьян на юго-востоке Франции подняли восстание под лозунгом «Да здравствует король без габеля» (соляного налога).
- В трудах Геродота есть сведения о жилищах ливийцев, сложенных из блоков соли.
- В XI веке один из завоевателей Западной Сахары построил небольшой дворец из брусков самосадной соли.
- В 2001 году в центре соляной равнины Уюни (южная Боливия) предприимчивый крестьянин построил из соли отель «Паласио де соль», где в каждом номере на стене висела табличка «Пожалуйста не облизывайте стены».
- Немецкое слово «Hal» взято с кельтского наречия, где оно обозначает соль и этот корень встречается в названии многих населенных пунктов: Halle, Hallenberg, Hallstadt. Слово «Salz» (соль) также встречается в названии городов: Salzburg, Salzbergen, Salzweg.
- В России города, которые связывало солеварение, имеют названия: Соликамск, Сольвычегодск, Усолье, Солигалич и др.

Научно-популярное издание

**Нагорный Владимир Петрович
Глоба Владимир Моисеевич**

Соль Земли

На русском языке

Науково-популярне видання

**Нагорний Володимир Петрович
Глоба Володимир Мойсейович**

Сіль Землі

Російською мовою

Підписано до друку 23.01.2013.

Формат 60×84/16. Папір офсетний.

Друк. арк. 12.42; умов. друк. арк. 10.87

(10,66 – текст, 0,92 – кольорові вклейки).

Замовлення № 2 від 29.01.2013. Наклад 200 прим.

Віддруковано у друкарні Тов. фірми «Ессе»

Україна, 03142, м. Київ-142,

проспект Вернадського, 34/1