

## ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ КРУПНЕЙШИХ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИРА

**Батурин Е.Н., Меньшикова Е.А., Блинов С.М., Наумов Д.Ю., Белкин П.А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15), e-mail: baturin@psu.ru*

---

Наиболее важными проблемами, сопровождающими разработку месторождений калийных солей, являются нарушение геолого-структурного строения подрабатываемой территории при разработке шахтным способом, а также образование большого количества отходов, формирующихся в результате обогащения солей. В статье приведен краткий обзор сведений о геолого-структурном строении, климатических условиях, особенностях разработки крупнейших освоенных месторождений калийных солей мира (Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, Россия; Старобинское месторождение калийных солей, Белоруссия; Саскачеванский соленосный бассейн, Канада; месторождения калийных солей Германии). Представлены результаты обобщения проведенных патентных исследований по оптимизации ведения горных работ и процессов обогащения калийных руд, методам складирования отходов, охране окружающей среды, комплексному использованию сырья.

---

Ключевые слова: месторождение калийных солей, подземная разработка месторождений, калийная промышленность.

## PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF THE WORLD LARGEST POTASH DEPOSITS

**Baturin E.N., Menshikova E.A., Blinov S.M., Naumov D.Y., Belkin P.A.**

*Perm State University, Perm, Russia (614990, Perm, Bukireva st., 15), e-mail: baturin@psu.ru*

---

The greatest Problems for Potash mining are the violation of geological structure of undermined territories in the development of mining activities and a large amount of waste formed as a result of the enrichment of salts. It is provided a brief review of the largest potash deposits of the world (Verkhnekamskoye deposit of potassium and magnesium salts, Russia; Starobinskoye potash deposit, Belarus; Saskatchewan saliferous field, Canada; deposits of potassium salts of Germany). There is also the data of geological structure, climate, features of mining and technical solutions applied in potash mines of different countries in this article. The article gives the results of the generalization of patent research. The main directions of patent and licensing activity for the investigated period are optimization of mining operations and enrichment of potash ores, optimization methods of waste disposal, environmental protection, comprehensive utilization of raw materials.

---

Keywords: deposit of potassium salts, underground mining, potash industry.

Крупнейшими в мире по величине запасов разрабатываемыми месторождениями калийных солей являются Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей (Россия), Старобинское месторождение калийных солей (Белоруссия), Саскачеванский соленосный бассейн (Канада), а также месторождения калийных солей в Германии. Важнейшими проблемами, сопровождающими разработку месторождений калийных солей, являются нарушение геолого-структурного строения подрабатываемой территории при использовании шахтного способа добычи, а также образование значительных масс отходов, формирующихся в результате обогащения солей и представленных водорастворимыми соединениями. Важно отметить, что указанная группа крупнейших месторождений в современных условиях расположена на территориях с континентальным и умеренно-континентальным климатом, где годовое количество осадков превышает возможное испарение, что предполагает избыточное увлажнение территорий. Избыточное увлажнение

выступает фактором, создающим комплекс экологических проблем при поверхностном складировании водорастворимых отходов соледобывающей промышленности в связи с несущественной ролью испарительного геохимического барьера, который способствует снижению объемов жидкой фазы отходов в условиях с засушливым климатом. В результате солеотвалы, шламохранилища и рассолоборники могут оказывать существенное влияние на химический состав как подземных, так и поверхностных вод.

**Верхнекамское месторождение** находится в северо-восточной части Пермского края на левом берегу Камского водохранилища. Промышленная разработка месторождения началась в 30-х годах XX века. Месторождение приурочено к центральной части Соликамской впадины Предуральяского краевого прогиба. Соляная толща месторождения, имеющая форму линзы площадью около 8,1 тыс. км<sup>2</sup>, прослеживается в меридиональном направлении на 205 км, в широтном – до 55 км. Внутри контура соляной залежи расположена многопластовая залежь калийно-магниевых солей протяженностью 135 км при ширине 41 км. Площадь основной калийной залежи составляет 3,7 тыс. км<sup>2</sup> [23].

Сложность разработки месторождения обусловлена высокой обводненностью вышележащей над соляным массивом толщи пород и опасностью проникновения подземных вод в горные выработки. Отработка запасов калийных солей осуществляется камерной системой с жестким поддержанием вышележащих пород на предохранительных целиках. Выработанное пространство закладывается отходами от обогащения и породой от проходки подготовительных выработок, применяются технологии механической и гидравлической закладки. По данным на 2011 г. при закладке в отработанное пространство вовлечено более 50% отходов [25].

**Старобинское месторождение** открыто в 1949 г. при проведении поисково-разведочного бурения на нефть. Находится в 130 км к югу от Минска и эксплуатируется четырьмя подземными рудниками производственного объединения «Беларуськалий» с 1961 г. при суммарной годовой добыче около 40 млн т руды [2].

Приурочено к северо-западной центриклинальной части Припятского прогиба в пределах Червонослободской тектонической ступени. Особенностью месторождения является развитие крупных крутопадающих разрывных нарушений, пересекающих как надсолевой комплекс пород, так и соленосную толщу. Безопасное ведение горных работ на Солигорских калийных рудниках обеспечивается совмещением зон разломов в плане с межшахтными целиками [23]. При разработке месторождения применяется в основном камерная система разработки с жестким поддержанием кровли. Глубина отработки составляет 350-850 м [18].

Благоприятными факторами для проведения подземной разработки месторождения являются практически полное отсутствие подземных вод в соленосной свите, субгоризонтальное залегание ее пластов, их выдержанность по простиранию, отсутствие проявлений соляной тектоники.

Гидрогеологические условия верхней гидрогеодинамической зоны характеризуются наличием больших площадей с неглубоким залеганием подземных вод, что способствует активизации процессов подтопления, заболачивания и затопления подрабатываемых территорий [2].

**Саскачеванское месторождение** занимает южную часть провинции Саскачеван, протягиваясь на восток в юго-западную часть Манитобы и на запад в восточные районы Альберты. Часть залежи, доступная для эксплуатации, имеет протяженность 650 км и ширину 100 км [26]. Разработка месторождения ведется с 60-х годов XX века.

Месторождение Саскачеван входит в состав обширного среднедевонского бассейна эвапоритовой седиментации. Калийсодержащая формация бассейна Прери Эвапорайт стратифицируется на две зоны – нижнюю некалиеносную и верхнюю калиеносную. В сводном разрезе калиеносной зоны выделяются три горизонта калийных солей (снизу вверх): Эстерхази, Белле-Плейн и Пейшенс-Лейк, расположенных на глубине от 700 до 2400 м. Продуктивные пласты имеют мощность от 1,5 до 17 м [12].

Добыча калийных солей в Канаде связана с рядом технических трудностей, вызываемых значительной глубиной залегания солей, отсутствием сведений об устойчивости соляных пород на больших глубинах, водоносностью и трещиноватостью пород, создающими опасность прорыва воды из кровли пласта и сложностью переработки сырья [26]. В связи со сложными горно-геологическими условиями на месторождении используется преимущественно камерная система разработки с жестким поддержанием кровли.

В продуктивных горизонтах Саскачеванского месторождения развиты аномальные зоны-размывы, зоны выщелачивания и зоны обрушения. Эти структуры являются путями проникновения надсолевых вод в калийные рудники. В целях предотвращения прорыва вод на площадях предполагаемого ведения горных работ проводятся детальные геолого-геофизические исследования, основой которых является трехмерная сейсморазведка. В результате комплексной интерпретации материалов выявляются опасные субвертикальные структуры, а места их пересечения с калийной залежью оставляют в предохранительных целиках [23].

В конце 70-х гг. XX века на руднике Белле Плейн был внедрен в практику метод подземного выщелачивания калийных солей. Использование такой технологии добычи дает

возможность разрабатывать глубоко залегающие (до 2000 м) продуктивные пласты, снижает стоимость извлечения калийных солей [18].

**Месторождения Германии.** Большинство калийных рудников расположены в районах Ронненбург-Ганса, Зарштедт-Лерте, Фульда, Верра, Заале-Унструц, Стассфурт, Ашерслебен. Промышленная разработка ведется с середины XIX века [18]. Калийные горизонты связаны с цехштейновыми соленосными отложениями. Мощность этих отложений достигает 1000-1500 м в Северо-Германской впадине [2]. Основным объектом отработки является хартзальц (твердая соль) – сильвинсодержащая руда с высокой примесью сульфатов магния и кальция [12]. По краям соленосного бассейна соли цехштейна залегают полого. В сторону его центральной части, то есть на площадях развития солей исключительной мощности и более значительного их погружения, образовались соляные штоки. Соленосные толщи осложнены третичными дизъюнктивными нарушениями, связанными с проявлениями базальтового магматизма.

На рудниках применяются разнообразные системы подземной отработки: камерная с почвоуступной выемкой, камерная многоярусная, слоевая. Широко используется закладка выработанного пространства [18].

К настоящему времени одна из самых насущных проблем калийной промышленности Германии – затопление десятков как действующих, так и строящихся рудников. В начальный период существования предприятий объем имеющейся информации о геолого-гидрогеологическом строении участков месторождений являлся недостаточным для установления причин прорывов рассолов и вод в выработки. Мерами, направленными на обеспечение безопасности стали уменьшение степени извлечения руды из залежи, применение сухой и гидравлической закладки отработанных камер. Но даже такие изменения в технологии не смогли сохранить рудники «Фон дер Гейдт», «Мантейфель», «Агата», «Нейестассфурт III» от проникновения рассолов через тектонические нарушения.

Развитие мониторинговых исследований с конца 20-х годов XX века позволило разработать меры для каждого калиеносного района Германии, что привело к резкому сокращению катастрофических последствий. На рудниках применяются сейсмологические системы мониторинга горных предприятий, широко используются прямые методы определения состояния геологической среды путем наблюдения за оседаниями земной поверхности на подработанных территориях, детально отработаны методы ведения гидрогеологического мониторинга [2].

**Результаты обобщения патентных исследований.** Патентные исследования проводились с целью характеристики технического уровня и тенденций развития калийной отрасли в направлении экологически безопасного освоения месторождений солей. Оценка

сложившейся патентной ситуации включила в себя анализ 62 охранных документов, зарегистрированных за период 1985-2012 гг. в патентных ведомствах РФ, Белоруссии, Канады, Германии.

Основными направлениями патентно-лицензионной деятельности за исследованный период являются: оптимизация ведения горных работ, оптимизация процессов обогащения калийных руд, оптимизация методов складирования отходов, охрана окружающей среды и комплексное использование сырья.

Разработки по направлению **«Оптимизация ведения горных работ»** затрагивают вопросы повышения эффективности горных работ, безопасности ведения горных работ, взаимодействия с нефтедобывающей отраслью. Авторами патентов предложены способы подземного выщелачивания калийных солей, включающие использование нефтедобывающих скважин, попутного газа [3; 22], способ подземной разработки нефтяных и калийных месторождений, предполагающий использование рассолов калийной промышленности в нагнетательных скважинах нефтяных месторождений [5].

Ряд разработок направлен на увеличение добычи, повышение эффективности горных работ [13; 38], обеспечение интенсивности очистной выемки, устойчивости налегающих пород и земной поверхности при минимальном расходе закладочного материала [14], улучшение качества добываемой руды и повышение надежности управления кровлей [35].

Большое внимание при разработке новых технических решений в области ведения горных работ уделяется безопасности подземной разработки месторождений калийных солей. При этом учитываются особенности расположения рудника [16; 17], геологического строения разрабатываемого массива горных пород [6]. Основную опасность при разработке месторождений калийно-магниевых солей представляют газодинамические явления и внезапные мощные водо- и рассолопритоки [32]. На решение этих проблем направлен ряд разработок [15; 20; 39].

Запатентованные технические решения в направлении **«Оптимизации процессов обогащения калийных руд»** направлены на повышение эффективности обогащения флотационным методом [29; 37], получение хлорида калия улучшенного гранулометрического состава [29], повышение эффективности обесшламливания руды, улучшение качества товарной продукции [36], способы получения различных химических соединений [43–45].

Солеотвалы, шламохранилища и рассолоборники существенно влияют на состояние окружающей среды, химический состав поверхностных, подземных вод и почв в пределах зоны их влияния. В связи с этим большинство разработок в направлении **«Оптимизация методов складирования отходов»** имеют цель – снижение влияния скоплений отходов

калийной промышленности на окружающую среду. Авторы запатентованных разработок предлагают методы предотвращения засоления подземных вод и почв при формировании солеотвалов [19], повышения эффективности гидроизоляции солеотвала [7], повышения эффективности отвалообразования и снижения негативного воздействия на окружающую среду [40], увеличения надежности и коррозионной стойкости дренажей в основании накопителей отходов [11].

Целый ряд разработок направлен на совершенствование методов подземного складирования отходов калийной промышленности, как твердых галитовых, так и жидких глинисто-солевых [27; 28], а также токсичных отходов других производств [24]. Ведутся работы в направлении совершенствования способов отвалообразования отходов калийного производства [8; 41], сокращения площадей, занимаемых хранилищами отходов, одновременного складирования жидких и твердых отходов на одной площадке [9; 10].

Пристальное внимание в направлении «**Охрана окружающей среды**» уделяется способам ликвидации хранилищ отходов калийной промышленности и рекультивации земель [21; 43].

Традиционно большой интерес проявляется к возможностям **комплексного использования сырья**, используемого в производстве калийных удобрений, а также к способам извлечения ценных веществ из отходов калийной промышленности. Авторы патентов предлагают совместно с калийными солями добывать золото [30; 31], платину и другие благородные металлы [4; 34], алмазы [33], каменную соль [30], лечебные грязи [1].

Проведенный анализ комплекса технических решений в направлении экологически безопасного освоения месторождений солей показывает, что уже в настоящее время существует реальная возможность освоения месторождений с организацией необходимого комплекса природоохранных мероприятий, направленных на снижение неизбежной техногенной нагрузки и учитывающих возможность последующего эффективного использования территорий.

### **Список литературы**

1. Белкин В.В. и др. Способ разработки месторождений калийных солей и лечебной грязи : патент РФ № 2170351, 10.07. 2001. Бюл. № 19.
2. Белкин В.В. Техногенная трансформация геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна : дис. ... д-ра геол.-мин. наук. – Екатеринбург, 2010. – 280 с.
3. Белкин В.В., Джиноридзе Н.М. и др. Способ подземного выщелачивания солей из залежей : патент РФ № 2081309, 10.06.97. Бюл. № 16.

4. Белкин В.В., Кузнецов Н.В. Способ разработки солевого месторождения с получением платины из надсоляной толщи : патент РФ №2265124, 27.11.2005.
5. Белкин В.В., Николаев А.С., Матяшов С.В. Способ совместной разработки нефтяных и калийных месторождений : патент РФ № 2095556, 10.11.97. Бюл. № 31.
6. Белкин В.В., Платыгин В.И. и др. Способ разработки калийного месторождения в зонах замещения сильвинита каменной солью : патент РФ № 2230190, 10.06.2004. Бюл. № 16.
7. Белкин В.В., Платыгин В.И., Кузнецов Н.В. Способ изоляции солеотвалов на калийных рудниках : патент РФ № 2273735, 27.04.2006. Бюл. № 33.
8. Березин А.Л., Борзаковский Б.А. и др. Способ отвалообразования отходов обогащения калийных руд на слабое основание : патент РФ № 2204717, 20.05.2003.
9. Борзаковский Б.А., Гринберг А.Я., и др. Способ размещения отходов обогатительных фабрик калийных комбинатов : патент РФ № 2402682, 27.10.2010.
10. Борзаковский Б.А., Коньшин А.А. и др. Способ размещения солеотвала и шламохранилища на одной площадке : патент РФ № 2316651, 10.02.2008.
11. Вострецов С.П. Способ создания дренажа в основании накопителей отходов : патент РФ № 2368729, 27.09.2009.
12. Высоцкий Э.А., Губин В.Н., Кутырло В.Э. Экономико-географические аспекты калийной промышленности мира // Вестник БГУ. – 2007. – Сер. 2. – № 1. – С. 90-96.
13. Гаркушин П.К. Способ отработки соляных месторождений : патент РФ № 2438017, 27.12.2011.
14. Гаркушин П.К. Способ разработки соляных залежей : патент РФ № 2206745, 20.06.2003.
15. Джиноридзе Н.М., Крайнев Б.А. и др. Способ тектонического районирования калийных месторождений : патент РФ № 2255223, 27.06.2005. Бюл. № 18.
16. Дьяков С.П., Кузнецов Н.В. и др. Способ отработки калийного месторождения под склонами речных долин : патент РФ № 2186978, 10.08.2002. Бюл. № 22.
17. Дьяков С.П., Шумахер А.И. и др. Способ разработки калийного месторождения под соляными куполами : патент РФ № 2195554 27.12.2002. Бюл. № 36.
18. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. – М. : МГУ, 2007. – 460 с.
19. Ильин В.П., Клементьев В.П. и др. Способ формирования солеотвалов : патент СССР № 1270332, 15.11.1986.
20. Крайнев Б.А., Джиноридзе Н.М. и др. Способ защиты калийных рудников от затопления : патент РФ № 2273734, 27.04.2006. Бюл. № 33.
21. Крайнев Б.А., Дьяков С.П., Шумахер А.И., Белкин В.В. Способ ликвидации солеотвалов на калийных рудниках : патент РФ № 2355887, 20.05.2009. Бюл. № 14.

22. Кудряшов А.И., Белкин В.В. Способ подземного выщелачивания калийных солей : патент РФ № 2065037, 10.08.96. Бюл. № 22.
23. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. – Пермь : ГИ УрО РАН, 2001. – 429 с.
24. Мараков В.Е., Нестеров М.П. и др. Способ создания подземных хранилищ токсичных отходов в соленосных породах : патент РФ № 2066770, 20.09.1996.
25. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО «Сильвинит»/ОАО «Галургия». – Новосибирск : Наука, 2011. – 487 с.
26. Минерально-сырьевая база Канады в 1972 г. : обзор. – М. : ВИЭМС, 1974. – Вып. 1 : Экон. мин. сырья и геол.-развед. работ. – 115 с.
27. Нестеров М.П., Борзаковский Б.А. и др. Способ подготовки камер для подземного складирования солешламовых отходов : патент РФ № 2166096, 27.06.2001.
28. Никофоров В.Н., Кузнецов Ю.С. и др. Способ подземного складирования жидких отходов производств : патент РФ № 2128140, 27.03.1999.
29. Папулов Л.М. и др. Способ получения хлористого калия из сильвинитовых руд : патент РФ № 2019536, 15.09.1994.
30. Папулов Л.М. и др. Способ разработки месторождений калийно-магниевых и каменной солей : патент РФ № 2116445, 27.07.98. Бюл. № 21.
31. Папулов Л.М., Николаев А.С., Белкин В.В., Заболоцкий А.И., Кузнецов Н.В. Способ переработки шламов калийного производства : патент РФ № 2132397, 27.06.99, Бюл. № 18.
32. Пономаренко Т.В. Экологические, экономические и социальные последствия аварийных ситуаций на калийных рудниках // Management Systems in Production Engineering. – 2012. – No 2 (6). – P. 28-31.
33. Рыбальченко А.Я., Рыбальченко Т.М., Квиткин С.Ю., Белкин В.В. Способ разработки алмазопереносного месторождения : патент РФ № 2286456, 27.10.2006.
34. Синегрибов В.А., Сметанников А.Ф. и др. Способ извлечения благородных металлов : патент РФ № 2291907, 20.01.2007.
35. Сиренко Ю.Г., Блохин С.Л., Ковальский Е.Р., Плескунов И.В., Урезов Д.В. Способ разработки мощных пологих калийных пластов : патент РФ № 2254472, 20.06.2005.
36. Тетерина Н.Н. Способ обогащения калийсодержащих руд : патент РФ № 2245742, 10.02.2005.
37. Тетерина Н.Н. Способ обогащения калийсодержащих руд : патент РФ № 2354457, 10.05.2009.
38. Толстунов С.А. Способ добычи солей из соляных залежей : патент РФ № 2236577, 20.09.2004.
39. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Сабянин Г.В. Способ подземной разработки соляных пластов : патент РФ № 2403388, 10.11.2010.



40. Хрунина Н.П., Крупская Л.Т., Мамаев Ю.А., Хрунин Т.О. Способ отвалообразования и устройство для его осуществления : патент РФ № 2117156, 10.08.1998.
41. Юрченко О.Л., Махлянкин И.Б. и др. Способ отвалообразования отходов калийного производства : патент СССР № 1677319, 15.09.1991.
42. Ягин В.П. Способ рекультивации заполненной отходами секции намывного накопителя : патент РФ № 2409743, 20.01.2011.
43. Phinney R. Formulation of Potassium Sulfate, Sodium Carbonate and Sodium Bicarbonate from potash Brine. Patent WO 01/28925 A1, 26.04.2001.
44. Singewald A., Fricke G., Geisler I. Verfahren zur Gewinnung von Wertstoffen aus kieseritischen Kalirohsalzen. Patentschrift DD 283956 A5, 31.10.1990.
45. Singewald A., Neitzel U., Fricke G. Verfahren zur Gewinnung von Magnesiumsulfaten. Patentschrift DE 3637226 A1, 05.04.1989.

***Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».***

#### **Рецензенты**

Наумов Владимир Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор, ЕНИ ПГНИУ, г. Пермь.

Наумова Оксана Борисовна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующая кафедрой поисков и разведки полезных ископаемых, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь.