

На правах рукописи

НИКОЛАЕВА Татьяна Николаевна



**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ
РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ
КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 04.00.07 — «Инженерная геология,
мерзлотведение и грунтоведение»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Санкт-Петербург
1998

Работа выполнена на кафедре инженерной геологии Санкт-Петербургского горного института имени Г.В.Плеханова (технического университета).

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук профессор *Иванов Иван Пенкович*

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук профессор *Кнатько Василий Михайлович*
кандидат геолого-минералогических наук
доцент *Головин Николай Михайлович*

Ведущая организация: АООТ СПб Гипрошахт

Защита диссертации состоится *16* декабря 1998 г. в 15 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д.063.15.07 при Санкт-Петербургском государственном горном институте им. Г.В.Плеханова по адресу: 199026 Санкт-Петербург, В-26, 21-я линия, д.2, ауд. N 72 17.

Автореферат разослан « 16 » ноября 1998 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного горного института имени Г.В. Плеханова.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.г.-м.н., профессор

А.И.Коротков

А.И.Коротков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы. В отличие от многих других отраслей горно-химической промышленности, калийная характеризуется большим количеством отходов, получаемых в результате переработки и обогащения калийных руд, которые с момента ввода в строй в 40-х годах нашего столетия первого в стране калийного комбината в г.Соликамске, складываются на дневной поверхности. Количество отходов постоянно растет, но способы складирования их в основном остались те же — твердые галитовые отходы, состоящие более чем на 90% из NaCl, размещаются в солеотвалы, глинисто-солевые шламы в виде пульпы подаются в шламохранилища. Это приводит к формированию специфических техногенных массивов, представляющих определенный теоретический и прикладной интерес при прогнозе изменений геологической среды.

Вопросам изучения состава и свойств солеотходов, устойчивости солеотвалов, степени влияния их на геологическую среду и мерам по его сокращению посвящены работы А.И.Дзенс-Литовского, Э.В.Лехтимяки, И.П. Иванова, Р.Э. Дашко, Г.В. Богомолова, С.М. Роткина, Н.М.Головина, Е.Я.Алексеенко, В.П. Клементьева, В.В.Сланевского, С.П.Вострещова, Н.Е. Schroth, J. Thomas, O. Lenz и др. Однако для предотвращения отрицательного воздействия отходов калийного производства на геологическую среду необходимо внедрение комплекса научно обоснованных природоохранных мероприятий, что требует проведения дополнительных исследований.

Цель работы — инженерно-геологическое обоснование мероприятий для снижения негативного воздействия солеотходов на геологическую среду.

Задачи исследований:

- исследование условий формирования физико-механических

свойств пород техногенного массива — селеотвала;

- установление закономерностей пространственного и временного изменения состояния и свойств пород в массиве селеотвала;

- исследование механизма и динамики оползневого процесса на откосах селеотвалов;

- обоснование сокращения землеемкости селеотвалов и способов их рекультивации;

- разработка рекомендаций по организации и функционированию локального инженерно-геологического мониторинга.

Методика исследований. Научные исследования проводились на геологической основе с использованием лабораторных и полевых методов изучения структуры, состояния и физико-механических свойств пород селеотвалов и с применением аналитических методов оценки и прогноза свойств селеотходов и оползневых процессов на откосах селеотвалов.

Достоверность научных положений и выводов обоснована результатами: теоретического анализа роли природных процессов, сопровождающих отвалообразование и приводящих к формированию специфического техногенного осадка; комплекса полевых и лабораторных экспериментов и большого объема проанализированных материалов; промышленной и опытной проверкой при внедрении разработок на предприятиях АО «Уралкалий» и АО «Сильвинит».

Научная новизна заключается в установлении закономерностей пространственного и временного изменения физико-механических свойств техногенных пород в массиве селеотвала, прогнозе развития оползневых процессов и научном обосновании организации и функционирования инженерно-геологического мониторинга на калийных рудниках.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- 1) получены показатели физико-механических свойств пород

массива солеотвала, которые могут быть использованы на предварительных стадиях исследований и в отдельных проектных решениях;

2) оценено влияние противофильтрационных экранов на устойчивость солеотвалов с целью разработки безопасной технологии складирования отходов обогащения калийного производства;

3) разработаны оптимальная конструкция солеотвалов и способ их рекультивации с целью значительного сокращения землеемкости отчуждаемых территорий и уменьшения количества образующихся рассолов;

4) разработаны и внедрены в производство ведомственные строительные нормы по возведению сооружений на соляных насыпных отложениях.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы обсуждались на научно-технической конференции (г. Минск, 1982 г.), на семинаре «Охрана окружающей среды при производстве минеральных удобрений» (ВДНХ СССР, 1987 г.), на I-ой конференции «Проблемы охраны геологической среды» (Минск, 1995 г.), на заседаниях горно-геологической секции Ученого Совета ВНИИГалургии (Ленинград, 1987, 1988 гг.), на семинарах кафедры инженерной геологии СПГТИ (1996—1998 гг.).

Основные результаты исследований опубликованы в 10 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, изложенных на 135 страницах текста, содержит 37 рисунков, 11 таблиц, список литературы содержит 93 наименования.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю профессору И.П. Иванову за постоянное внимание и помощь в подготовке диссертационной работы, профессору Р.Э.

Дашко за ценные советы и замечания, а также всем сотрудникам кафедры инженерной геологии. Особая признательность сотрудникам лаборатории гидрогеологии и охраны природных вод ОАО «ВНИИГалургии» за помощь в сборе материалов.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В результате антропогенного литогенеза из рыхлых отходов обогащения калийного производства формируется новая техногенная пористая соляная порода преимущественно галитового состава, в которой процессы образования кристаллических структурных связей, изменение физического состояния и свойств в массиве солеотвала обусловлены действием гравитационных процессов, расслоисодержанием в поровом пространстве и региональными климатическими условиями.

Производство калийных удобрений основано на переработке полиминеральных калийных руд с высоким содержанием галита флотационными или галургическими способами. Химический и гранулометрический составы получаемых в результате обогащения твердых отходов в значительной мере определяются составом исходной руды, степенью ее дробления и способом переработки. В минералогическом отношении солеотходы состоят на 90—92% из галита (NaCl), в качестве примесей в них присутствуют сильвин (KCl) до 3—5%, другие соли и нерастворимый глинистый остаток до 2—4,5%. По гранулометрическому составу, определенному стандартным ситовым методом, выходящие с обогатительной фабрики солеотходы, если их рассматривать по традиционной классификации аналогично рыхлым несвязным образованиям, могут характеризоваться как неоднородные разнозернистые пески с некоторым преобладанием фракций диаметром от 2 до 0,5 мм. Показатель плотности минеральной части солеотходов имеет устойчивые значения (2,16—2,17 г/см³), что свидетельствует о постоянстве их минерального состава.

Твердые отходы калийного производства в виде рассолонасыщенной рыхлой массы направляются для складирования в отвалы. Их влажность в среднем составляет 0,10—0,14, жидкая фаза представлена хлоридно-натриевым рассолом с минерализацией 340—360 г/л. Учитывая это обстоятельство, производился пересчет влажности на рассолосодержание, которое для свежееотсыпанных солеотходов в среднем меняется от 0,15 до 0,22. Процесс гравитационного отжатия жидкой фазы с одновременным уплотнением отходов по экспериментальным данным БелНИГРИ продолжается 15—18 часов, после чего интенсивность его значительно снижается. При этом они теряют до 50% исходной начальной влажности. Эти, так называемые «отжимные», рассолы дают начало формированию рассольного горизонта в массиве солеотвала.

Отсыпаемые солеотходы представляют собой рыхлую массу, прочностные свойства которой обусловлены только силами трения. Со временем они уплотняются, становясь прочной сцементированной породой. О появлении контактов между зернами за счет кристаллизации солей из порового раствора и возрастании их количества в результате падения влажности при подсушивании образцов свидетельствуют выполненные нами электронно-микроскопические исследования.

Исследование закономерностей изменения физико-механических свойств солеотходов осуществлялось при выполнении комплекса полевых и лабораторных работ на образцах естественного и нарушенного сложения из скважин и шурфов и искусственно изготовленных. В результате сопоставления механических свойств солеотходов в отвалах с аналогичными свойствами поликристаллических соляных пород установлено их существенное различие. Предел прочности на одноосное сжатие образцов из солеотвалов на порядок ниже этого показателя для соляных пород естественного происхождения и составил в среднем для верхней (слабоупрочненной) части

1,0 МПа, а для упрочненной — 2,34 МПа. Величина сцепления монолитной (7,4 МПа) и озерной (1,8 МПа) соли также существенно превышает этот показатель для солеотходов (0,6 МПа).

На механические свойства ископаемых соляных пород из внешних факторов существенное влияние оказывают скорость приложения нагрузки и влажность среды, в которой проводятся испытания, поскольку каменная соль обладает высокой гигроскопичностью. Известно, что при увеличении скорости приложения нагрузки проявляется склонность соляных пород к хрупкому разрушению, а при уменьшении — значительно возрастают пластические деформации. Подобную четкую закономерность в соляных породах искусственных техногенных формирований отметить невозможно из-за постоянного воздействия на них климатических факторов.

Характер деформирования пород солеотвала от действия длительной (от 15 до 220 суток) нагрузки исследовался при возможности бокового расширения и дренирования солеотходов на больших искусственно сформированных образцах объемом 11 тыс. см³. В результате выявлено следующее. Повышенная сжимаемость и резкая деформация (до 15 мм/сут) свежееотсыпанных солеотходов отмечается при нагрузках до 0,05 МПа, что говорит о бесструктурности породы. Через 2—3 суток на поверхности солеотходов появляется корка постепенно увеличивающейся мощности, представляющая собой породу с кристаллическими связями. Происходит уплотнение и упрочнение солеотходов во времени, в результате чего при постоянно действующей нагрузке снижается скорость деформирования (до 0,05—0,1 мм/сут), сжимаемость резко уменьшается и деформация ползучести приобретает затухающий характер (0,003 мм/сут). Фаза сдвигов отмечается при 0,1 и 0,3 МПа для свежееотсыпанных и слабоупрочненных солеотходов соответственно, а наращивание нагрузки до величин 0,4—0,6 МПа приводит к разрушению породы с формированием валика выпирания.

Влияние влагонасыщения атмосферного воздуха на величину предела прочности на одноосное сжатие и изменение характера деформирования техногенных соляных грунтов при длительном нагружении исследовались на искусственно сформированных образцах-близнецах как при ступенчатом нагружении, так и при постоянной нагрузке. Для сопоставления результатов испытаний была определена прочность на сжатие воздушно-сухих образцов, которая составила 0,98–1,19 МПа (в среднем 1,0 МПа). Постоянные нагрузки на образцы, не изолированные от атмосферного воздействия, составили 20–60% от $\sigma_{сж}=1,0$ МПа. Резкое кратковременное увеличение скорости деформирования от 0,002 до 0,2–0,4 мм/сут, вызванное увлажнением при увеличении атмосферной влажности, приводит к последовательному разрушению образцов, нагруженных $0,6\sigma_{сж}$, $0,5\sigma_{сж}$ и $0,4\sigma_{сж}$ на 22-ые, 40-е и 63-ьи сутки соответственно. В тех же условиях разрушения образцов в течение 85-и суток, нагруженных $0,3\sigma_{сж}$ и $0,2\sigma_{сж}$, не происходит. По-видимому, существенную роль в процессе разрушения ряда образцов играет возникновение в них микротрещин при действии внешней нагрузки с последующим развитием каналов для проникновения влаги внутрь.

С целью выявления зависимости величины прочности от влажности серия образцов, часть из которых изолировалась по боковой поверхности, насыщалась в гидратах парама воды.

Образцы с неизолированной поверхностью находились в гидрататоре по 50 и 113 часов. Прочность их определить не удалось, т.к. они разрушились до начала испытаний, а распределение влажности сверху вниз по высоте образцов составило 0,01–0,012–0,014 и 0,019–0,022–0,032 соответственно.

Разрушение образцов с изолирующей парафиновой оболочкой, влагонасыщаемых в течение 93, 165 и 210 часов, происходит при нагрузках, равных 0,08, 0,03 и 0,02 МПа соответственно, причем

распределение влажности имеет аналогичную вышеприведенной тенденцию. Увлажняемые 210 часов изолированные образцы выдерживают нагрузку 0,01 МПа не более трех часов, что объясняется, по-видимому, присутствием изоляционного слоя.

Таким образом, увеличение влажности слабоупрочненных техногенных соляных пород от воздушно-сухого состояния до величины 0,01 приводит к падению величины сцепления до нулевых значений и полному их разупрочнению, обусловленному разрушением связей между зернами соли. Наличие же изолирующей оболочки у влажных образцов некоторое время поддерживает форму, сдерживает разрушение и частично обеспечивает их прочность.

Обобщение и анализ результатов исследований дали возможность выделить в теле солеотвала 3 зоны упрочнения (см. таблицу): свежеотсыпанную ($\sigma_{сж}=0$), слабоупрочненную ($\sigma_{сж}=0-1,5$ МПа) и упрочненную ($\sigma_{сж}>1,5$ МПа). Свежеотсыпанная зона располагается на откосе отсыпаемого солеотвала и перемещается вместе с продвижением фронта отсыпки. Быстрый отток из складываемой в отвал соляной массы остаточных рассолов, образующих в основании отвала рассольный горизонт, и гравитационное уплотнение приводят к тому, что в солеотходах как минимум через трое суток возникают силы сцепления, нарастающие со временем. В результате этого происходит упрочнение и формирование техногенной соляной породы со свойствами, характерными для слабоупрочненной зоны. Дальнейшее развитие солеотвала приводит к трансформации слабоупрочненных пород в упрочненные с более высокими показателями сопротивления одноосному сжатию. В итоге в солеотвале упрочненная зона будет занимать центральное положение, залегая над рассольным горизонтом, а слабоупрочненная располагаться по периферии (рис. 1). Мощности зон имеют переменные значения, зависящие от интенсивности отвалообразования, высоты отвала и времени уплотнения. Для них нами установлены величины физико-механических

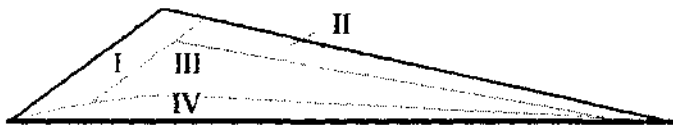


Рис. 1. Схема расположения зон упрочнения солеотвала.

I-свежеотсыпанная; II-слабоупрочненная; III-упрочненная;
IV-расолонасыщенный горизонт.

характеристик, хотя резкая граница разделения показателей свойств между зонами отсутствует.

Таблица

Свойства соляных пород отвала различных зон упрочнения

Наименование, обозначения и размерность показателей	Характеристики по зонам упрочнения		
	свежеотсыпанная	Слабоупрочненная	Упрочненная
Предел прочности на одноосное сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа	0	0-1,5	>1,5
Влажность, w , ед.	0,06-0,22	0-0,06	0,03-0,04
Рассолосодержание, w_r , ед.	0,09-0,35	0-0,09	0,03-0,04
Плотность, ρ , г/см ³	1,2-1,5	1,2-1,6	1,6-2,0
Пористость, n , ед.	0,35-0,45	0,30-0,45	0,10-0,30
Удельное сцепление, C , МПа	?	До 0,5	0,5-1,0
Угол внутр. трения, φ , град.	40-45	30-40	34-36
Модуль деформации, E , МПа	0,3-2,0	2-200	150-500

2. С целью предупреждения развития оползневых процессов и повышения безопасности ведения работ расчет устойчивости солеотвалов на пленочных противодиффузионных экранах должен проводиться по методу многоугольника сил, наиболее полно учитывающему наличие слабого контакта в основании сооружения.

Для предотвращения засоления подстилающих грунтов и подземных вод в основании солеотвалов устраиваются противофильтрационные экраны: ранее — глинистые, в последнее время — с использованием полиэтиленовой пленки. Конструкция последних предусматривает укладку подстилающего и перекрывающего пленочный элемент слоев из местных суглинистых пород, что при определенных условиях может явиться причиной возникновения оползневых процессов на откосах солеотвалов.

Характерными видами деформаций, выделенными И.П.Ивановым (1976, 1980 гг.), на откосах солеотвалов являются: 1) оплывины, 2) оползни, в том числе, а) локальные, б) ступенчатые, в) контактные. Наибольшее практическое значение, в отличие от оплывин и локальных оползней, имеют контактные и ступенчатые оползни, возникновение которых обусловлено наличием слабых глинистых пород естественного основания или защитного экрана. Различие в развитии этих оползней находится в зависимости от мощности глинистого слоя: при нарушении предельного равновесия в откосе оползание может происходить либо с захватом грунтового основания (ступенчатые оползни), либо по слабому прослойку, располагающемуся в подошве оползневого тела (контактные оползни). Оползневое тело и призма активного давления хорошо выражены, но погружение и перемещение в горизонтальном направлении незначительны, что свидетельствует о своеобразном механизме оползневого процесса. Захватывая слабый глинистый слой выше горизонтальной поверхности скольжения и переминая его, оползневое тело при движении разрушает противофильтрационный экран и соприкасается с подстилающими породами, у которых более высокое трение. В связи с этим сопротивление на таком участке поверхности резко возрастает, оползневые деформации затухают, углы откоса выполаживаются. О проявлении гравитационных явлений на откосах солеотвалов свидетельствуют натурные наблюдения автора. Отмечаются три ти-

па профилей откосов: прямой, вогнутый и выпукло-вогнутый. Прямой характерен для свежееотсыпанных (угол естественного откоса $40-45^\circ$) и невысоких (до 50 м) слабоупрочненных отвалов с углом 35° ; вогнутый имеют высокие упрочнившиеся отвалы с возрастанием крутизны от 27 до 38° (генеральный угол 36°); выпукло-вогнутый профиль наблюдается на старых отвалах длительного срока существования, отсыпка на которые давно завершена и угол наклона участков профиля составляет $28^\circ-34^\circ-37^\circ-33^\circ$. Такое распределение углов наклона по высоте приводит в конечном итоге к повышению общей устойчивости селеотвалов.

Среди дополнительных факторов, способствующих возникновению оползней на селеотвалах, следует назвать: рельеф основания; конструкцию противофильтрационной защиты (при рассолонасыщении снижаются прочностные характеристики защитного слоя экрана до значений $\varphi=3-5^\circ$ и $c=0,01-0,02$ МПа); ослабление прочности пород вследствие изменения их физического состояния под действием климатических факторов. Экспериментально установлено разрушающее действие отрицательных температур на селеотходы (при замораживании практически все образцы селеотходов растрескиваются). Подобное явление, очевидно, связано с особенностью минерального состава техногенных соляных пород и переходом галита в гидрогалит в интервале температур от $+0,15$ до $-21,2^\circ\text{C}$, при котором объем последнего увеличивается на 130% по сравнению с объемом безводной соли. При положительной температуре гидрогалит переходит в галит и воду. Ослабление сил связи на контактах между зернами приводит к возникновению межкристалльных микротрещин, в которые в конечном итоге проникает тонкая пленка воды (рассола), оказывающая расклинивающий эффект и способствующая дальнейшему разрушению жесткой связи между частицами.

Основные причины и дополнительные факторы определили

выбор расчетной схемы и расчетных параметров устойчивых отко-сов солеотвалов. Расчет следует выполнять по методу многоуголь-ника сил, учитывая отношение мощности слабого слоя к высоте со-леотвала. Поскольку галитовые отходы деформируются в результате хрупкого разрушения с отчетливым проявлением эффекта остаточ-ной прочности, при прогнозе устойчивости отко-сов солеотвалов нужно принимать в расчет только значения угла внутреннего трения.

3. Разработанная методика организации и функционирования инженерно-геологического мониторинга на территории складирования солеотходов калийных обогатительных фабрик обеспечивает контроль и предупрежде-ние засоления грунтовых и поверхностных вод и пород основания, а также развитие оползневых процессов.

Сокращение негативного воздействия солеотвалов на геологическую среду возможно при уменьшении их землеемкости и последующей рекультивации.

Традиционная фронтальная схема отсыпки солеотвала приводит к ограничению его предельной высоты и формированию слабонаклонной ($\alpha 15^\circ$) тыловой поверхности, на которой распола-гаются конвейеры. Существенное улучшение показателей складиро-вания достигается при внедрении двухступенчатой схемы складиро-вания, разработанной при участии автора, предусматривающей от-сыпку в прямом, с постепенным наращиванием высоты отвала, и об-ратном направлениях, с засыпкой тылового пространства (рис.2). Внедрение новой технологии отвалообразования, включающей стро-ительство зданий и сооружений магистрального конвейерного трак-та на солеотвалах, снизит в 1,8 раза потребность в земельных пло-щадях и в 1,2 раза увеличит максимальную высоту отвалов. Созданная таким образом конфигурация отвала в вертикальном раз-резе будет близка к трапецевидной (в отличие от традиционной

клиновидной) с горизонтальной верхней поверхностью. Однако эта мера все же не исключает засоления территорий. Водная и ветровая эрозии солеотходов могут быть предотвращены при консервации его поверхности с помощью покрытий и озеленения. Следует отметить, что опыт выполнения рекультивационных работ на солеотвалах в промышленном масштабе в нашей стране и за рубежом отсутствует.

Возможность рекультивации поверхности солеотвала оценивалась на модели солеотвала во ВНИИГалургии и в натуральных условиях при участии автора. На поверхность солеотходов уклады-

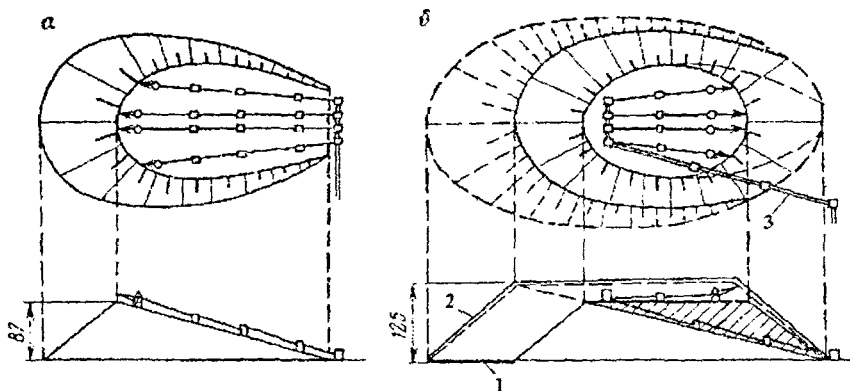


Рис.2. Схемы возведения солеотвала.

а - фронтальная отсыпка; б - с засыпкой тылового пространства; 1- противодиффузионный экран; 2- гидроизоляционное покрытие; 3- конвейерная линия с перегрузочными узлами.

вался водонепроницаемый экран из полиэтиленовой пленки с последующим нанесением на него грунтового слоя и высевом трав. Эксперимент показал принципиальную возможность осуществления подобных мероприятий. Учитывая специфику (водорастворимость, слеживаемость и фитотоксичность) складироваемых в отвалы галитовых отходов, выбрано санитарно-гигиеническое направление рекультивации, выполняемой в два этапа - технический и

биологический. На техническом этапе рекультивации, по окончании прогнозного периода осадки поверхности отвала (не менее двух лет), главной проблемой является подготовка горизонтальных и наклонных участков и внешних откосов. Она заключается в создании оптимального микрорельефа в виде замкнутых микробассейнов, которые будут препятствовать стоку воды и обеспечат нормальные условия для питания и развития растений. Аprobация этого технического решения была успешно осуществлена на опытных участках солеотвала БКРУ-2. Сползания закрепленного растительностью грунта или других дефектов на откосном участке не зафиксировано.

Оценка результатов предлагаемых природоохранных мероприятий на калийных предприятиях возможна при организации инженерно-геологического мониторинга геологической среды. Он предусматривает систему постоянных наблюдений, оценку и анализ их результатов, прогноз, разработку и осуществление дополнительных мер по улучшению экологической обстановки и управление геологической средой и отдельными ее элементами. Согласно выбранному объекту исследований реализация намеченных природоохранных мер должна проводиться в рамках регионального (охватывая территорию вероятного техногенного воздействия), локального (земельный отвод и отвальное хозяйство) и детального (в пределах отдельного солеотвала) мониторингов на различных этапах освоения территории и эксплуатации солеотвала:

- проектирование солеотвала;
- эксплуатация солеотвала и подготовка его к рекультивации;
- рекультивация солеотвала.

При проектировании солеотвала региональный и локальный мониторинги необходимо направить на определение сферы негативного влияния отходов. С этой целью на базе крупномасштабной инженерно-геологической съемки должны быть выполнены ретроспективные и инвентаризационные наблюдения; определены места рас-

положения и развернуты наблюдательные пункты за состоянием поверхностных и подземных вод, почв и грунтов; определены фоновые значения концентрации солей в них; осуществлены инженерно-геологические исследования свойств пород основания проектируемого солеотвала и солеотходов; изучены климатические условия района.

Детальный инженерно-геологический мониторинг на стадии эксплуатации (традиционная фронтальная схема отсыпки на изолирующий экран) и подготовки солеотвала к рекультивации (обратная засыпка с опережающим строительством перегрузочных узлов на поверхности отвала) необходимо сопровождать комплексом наблюдений: за концентрацией солей в поверхностных и подземных водах и почвах и их влиянием на физико-механические и фильтрационные характеристики пород; за формированием и изменением физико-механических свойств техногенных пород солеотвала и скоростью их растворения; за геологическими процессами и явлениями на солеотвале; инструментальными наблюдениями за деформацией перегрузочных узлов. Защитные мероприятия в системе «солеотвал - перегрузочный узел», регламентируемые ведомственными строительными нормами, разработанными при участии автора, направлены на: предотвращение неравномерности сжимаемости и смачивания основания фундаментов перегрузочных узлов; сбор и отвод талых и дождевых вод; защиту фундаментов сооружений от коррозии.

Разноуровневый мониторинг от регионального до детального на стадии рекультивации отвала необходимо направить на контроль качества работ технического и биологического этапов. Повреждения экрана констатируются по угнетению роста и развития растений после первого вегетационного периода. Для изучения процесса инфильтрации атмосферных осадков и определения водно-солевого баланса солеотвала с учетом рекультивационного слоя требуется устройство лизиметрических пунктов наблюдений.

Контроль качества подземных и поверхностных вод, почв и грунтов выполняется в рамках развернутых режимных сетей и наблюдательных полигонов, а отмеченные изменения вносятся в существующие или вновь создаваемые банки данных по каждому объекту в отдельности и по системе в целом.

На основании полученных результатов наблюдений на всех этапах освоения территории составляются краткосрочные прогнозы состояния системы (солеотвал и каждый его элемент и прилегающие площади отвального хозяйства) и долговременные прогнозы состояния геологической среды в пределах земельного отвода и региона, подверженных химическому загрязнению отходами калийного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Отходы обогащения калийных руд — солеотходы, представленные более чем на 90% из галита, являются исходным материалом для формирования новых техногенных образований. Попадая рыхлыми в отвал, они со временем упрочняются и превращаются в монолитную техногенную породу со специфическими свойствами. Этот процесс объясняется возникновением кристаллизационных связей между отдельными зёрнами соли, о чем свидетельствуют выполненные электронно-микроскопические исследования.

2. В теле солеотвала выделяется 3 зоны: свежееотсыпанная, слабоупрочненная и упрочненная. Для слагающих зоны пород получены показатели физико-механических свойств, которые могут быть использованы на предварительных стадиях исследований и в отдельных проектных решениях.

3. Установлено, что величины предела прочности при одноосном сжатии и сцепления пород в искусственно сформированных солеотвалах на порядок ниже аналогичных показателей для поликристаллических соляных пород.

4. Отмечаемое экспериментально растрескивание образцов

техногенных соляных пород под действием отрицательных температур, по-видимому, вызвано увеличением их объема при образовании гидрогалита. Ослабление сил связи на контактах между зернами приводит к формированию межкристалльных микротрещин и возникновению расклинивающего эффекта в тонких слоях под действием проникающей воды (рассола), что способствует дальнейшему разрушению.

5. Оползневой процесс, сопровождаясь хрупким разрушением структурных связей в солевой смеси, характеризуется незначительным перемещением оползня с образованием нового, более устойчивого контакта соль — грунт, что приводит к нарушению сплошности экрана.

6. Уменьшение водной и ветровой эрозии солеотходов достигается при формировании высотного солеотвала с засыпкой тыловой грани, что приводит к уменьшению его землеемкости, и рекультивации солеотвала, включающей консервацию поверхности и озеленение. Установлено, что рекультивационные работы можно начинать через два года после завершения отсыпки.

8. Для оценки состояния геологической среды на калийных предприятиях на всех стадиях существования солеотвала необходима организация надежно функционирующего инженерно-геологического мониторинга.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Определение углов откосов солеотвала фотоспособом// Научно-технич. реферат. сб. М.: НИИТЭХИМ. 1982. № 3. С.4—6. (Сер. Калийная пром-ть). (Соавтор А.Ф.Бархатов).

2. Формирование солеотвала оптимальной конфигурации// Тезисы докл. науч.-техн. конфер. Минск: 1982. С.22. (Соавтор А.Ф.Бархатов).

3. Физико-механические свойства твердых солеотходов// На-

учн.-техн. реферат. сб. М.: НИИТЭХИМ. 1983. №1 С.9—11. (Сер. Калийная пром-ть). (Соавторы: А.Ф.Бархатов, С.П.Вострецов).

4. Проектирование оснований сооружений на насыпных соляных грунтах. ВСН 14—85 /Минудобрений. Черкассы: НИИТЭХИМ. 1985. 48 с. (Соавторы: А.Ф.Бархатов, С.П.Вострецов).

5. Сопротивляемость твердых солеотходов под нагрузкой во времени// Экологические проблемы районов деятельности калийных предприятий. Л.: 1989. С.126-132. (Сб.трудов ВНИИГ). (Соавтор А.Ф.Бархатов).

6. Исследование физико-механических свойств солеотходов для обоснования их рационального складирования//Экологические проблемы районов деятельности калийных предприятий. Л.: 1998. С.132-139. (Сб.тр. ВНИИГ).

7. Эколого-технологические особенности складирования солеотходов// Сб.тезисов I конференции «Проблемы охраны геологической среды». Минск.: 1995. С.142-145.

8. Оценка устойчивости солеотвалов на площадях отработанных шламохранилищ// Проблемы инженерной геологии. Материалы семинаров, посвященных 65-летию кафедры инженерной геологии/ СПб. 1996. С.70—79.

9. Обоснование параметров складирования солеотходов калийных рудников// Тезисы докл.научн.конфер./ Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб. 1998. С. 125-127.

10. Рекультивация солеотвалов как способ защиты окружающей среды от засоления// Тезисы докл.научн.конфер./ Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб. 1998. С.188-189. (Соавторы: В.В.Сланевский, В.С.Смирнова).