

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ НАМЫВНОЙ СОЛЕПЛИТЫ НА ПЛОЩАДИ ОТРАБОТАННОГО ШЛАМОХРАНИЛИЩА



С. Ф. ШЕМЕТ,
генеральный директор,
д-р техн. наук



Н. Н. ПРОХОРОВ,
ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук



Т. П. КАФАНОВА,
младший
научный сотрудник

Рассмотрен основанный на применении инженерной геофизики комплекс исследований, направленный на изучение строения и состояния намывной солеплиты, формируемой как основание строящегося солеотвала на участке отработанного шламохранилища.

Ключевые слова: Старобинское месторождение, отвал твердых отходов обогащения, нерастворимые шламы, избыточные рассолы, шламохранилище, пласт-плита (солеплита), геофизические исследования, электрометрия, георадиолокация, сейсморазведка, мониторинг.

С развитием производства калийных удобрений на Старобинском месторождении увеличиваются объемы складированных отходов обогащения, представленных твердыми галитовыми породами и нерастворимыми глинистыми шламами, а также избыточными рассолами. Твердые галитовые отходы складировать на земной поверхности в виде солеотвалов, глинистые шламы с рассолами — в шламохранилища. При этом происходит отчуждение и нарушение больших площадей плодородных земель для хранения отходов обогатительных фабрик.

Специалистами ОАО «Белгорхимпром» разработан ряд технических решений по рациональному складированию отходов калийного производства, одно из которых направлено на использование отработанных шламохранилищ в качестве основания для расширяемых солеотвалов (рис. 1). Непосредственно на поверхности отработанного шламохранилища предварительно формируют слой расчетной мощности из галитовых отходов (пласт-плиту), которые, вследствие процессов уплотнения и кристаллизации солей в их поровом пространстве, из сыпучей массы преобразуются в прочную полускальную породу (техногенную каменную соль), покрывающую всю площадь шламохранилища прочной солеплитой. На подготовленное таким образом ложе формируют солеотвал высотой, зависящей от несущей способности солеплиты [1].

Опытно-промышленную отработку предложенной технологии проводили на отработанном шламохранилище Третьего рудоуправления (РУ-3) ОАО «Беларуськалий». В процессе формирования солеплиты проводили периодическое изучение строения слагающих плит солеотходов и подстилающих шламовых грунтов. Наряду с буровыми работами, отбором и анализом проб выполняли площадные геофизические исследования с целью определения состояния и мощности намывной солеплиты на участке будущего

солеотвала. На этапе опытных работ определяли геоэлектрические и сейсмические характеристики грунтов [2], выбирали необходимый комплекс методов и параметры установок. Основные исследования выполняли геофизическими методами сейсморазведки, электроразведки на постоянном токе и высокочастотной электроразведки (георадиолокации) по сети профилейных линий, охватывающих площадь участка исследований.

Участок геофизических исследований представляет собой соляную плиту, образованную в результате намыва твердых (галитовых) отходов на поверхность отработанного шламохранилища (рис. 2). Техногенные отложения (t/V) по геологическому разрезу залегают первыми от поверхности и состоят из соли, образующей тело пласта-плиты, и подстилающих ее шламовых грунтов, представляющих собой засоленный суглинок. Гляциальные отложения сожского горизонта ($gl // sz$) залегают под техногенными отложениями и представлены пылеватым водонасыщенным песком. Гляциальные отложения являются естественным основанием шламохранилища и изолированы от засоленных техногенных отложений защитной полиэтиленовой пленкой.

Электрометрическими методом определяли распределение величин сопротивлений как по площади участка, так и по разрезу пород. По результатам работ построены геоэлектрические разрезы (рис. 3), карты значений кажущихся удельных электриче-

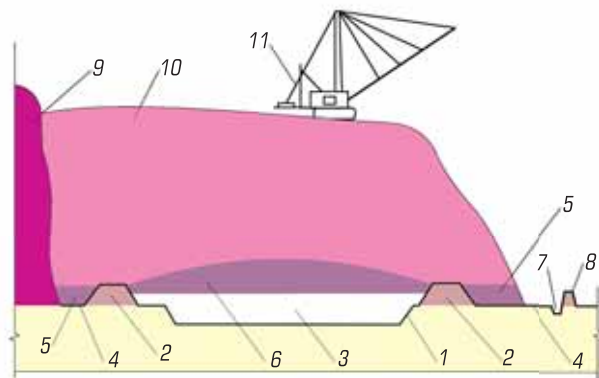


Рис. 1. Технологическая схема формирования солеотвала на площади отработанного шламохранилища:

1 — отработанное шламохранилище; 2 — ограждающая дамба шламохранилища; 3 — техногенные шламовые грунты; 4 — экран из полиэтиленовой пленки с защитным грунтовым слоем; 5 — укрепляющая призма; 6 — первый ярус галитовых отходов; 7 — рассолоотводная канава; 8 — ограждающий вал-бортик; 9 — старый солеотвал; 10 — формируемый солеотвал; 11 — отвалообразователь

ских сопротивлений для различных разносов установок профилирования и карты мощности солеплиты. На основании полученных данных проводили качественную оценку рассолонасыщенности пород по площади исследования и изучали строение солеплиты в разрезе.

Количественная интерпретация полученных материалов показала, что геоэлектрические разрезы представлены тремя основными слоями, характеризующими тело и основание пласта-плиты. Первый маломощный слой в верхней части пласта-плиты подвержен воздействию атмосферных осадков с образованием каверн и пустот и характеризуется повышенными значениями удельного электрического сопротивления ρ_1 , изменяющегося, по данным зондирований, от 5 до 20 Ом·м. В средней части геоэлектрического разреза выделяется слой, представленный твердыми солеотходами с повышенной влагонасыщенностью; значения ρ_2 для этой части разреза изменяются в пределах 1–5 Ом·м. Нижняя часть разреза сложена породами глинистого состава (глинисто-солевые шламы) и является основанием солеплиты; породы характеризуются самыми низкими значениями ρ_4 — от 0,01 до 0,05 Ом·м (иногда до 0,001 Ом·м). На отдельных участках в нижней части разреза, т. е. в приконтактной зоне пласта-плиты и шламовых грунтов отработанного шламохранилища, установлены геоэлектрические слои, характеризующиеся значениями сопротивлений ρ_3 в пределах 0,1–0,5 Ом·м, которые интерпретированы как рыхлые влагонасыщенные галиты, перемешанные с глинистой фракцией шламов. По разрезам построена карта мощности солеплиты по подошве второго геоэлектрического слоя. Эта граница с достаточной точностью характеризует подошву пласта-плиты по площади исследований.

Метод георадиолокации имеет достаточную глубину исследований, высокую разрешающую способность, значительно меньшую трудоемкость и является оптимальным для оценки мощности намывного пласта-плиты. Основой для применения георадиолокационных исследований служит слоистое

строение разреза [3], создающее предпосылки для выделения электрических границ и георадарных фаций, где могут регистрироваться изменения сигналов электрических полей, зависящих от состояния контакта уплотнения солеотходов и перехода от солеплиты к глинисто-солевым шламам.

В ходе исследований установлено, что породы, слагающие тело пласта-плиты, имеют низкую диэлектрическую проницаемость. На радарограммах, построенных по результатам обработки

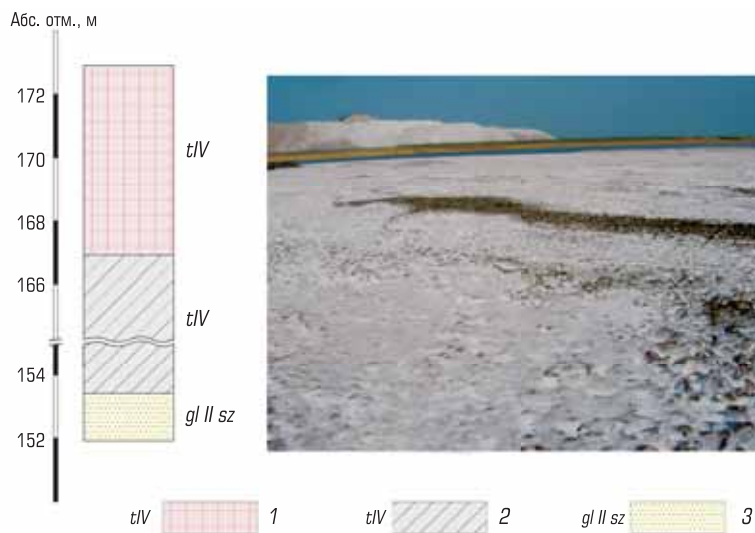


Рис. 2. Геологическое строение пласта-плиты и общий вид участка работ:

1 — техногенные отложения (соль); 2 — техногенные шламовые грунты (суглинки); 3 — гляциальные отложения (пески водонасыщенные)

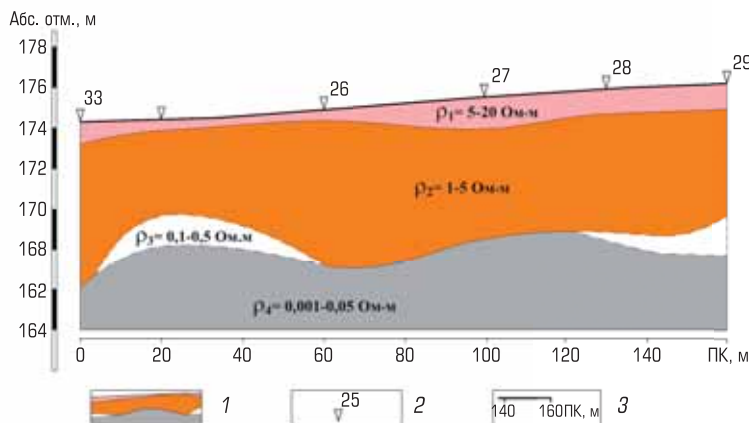


Рис. 3. Геоэлектрический разрез по профилю:

1 — геоэлектрические слои и их границы; 2 — точки зондирования; 3 — расстояние по длине профильной линии, м

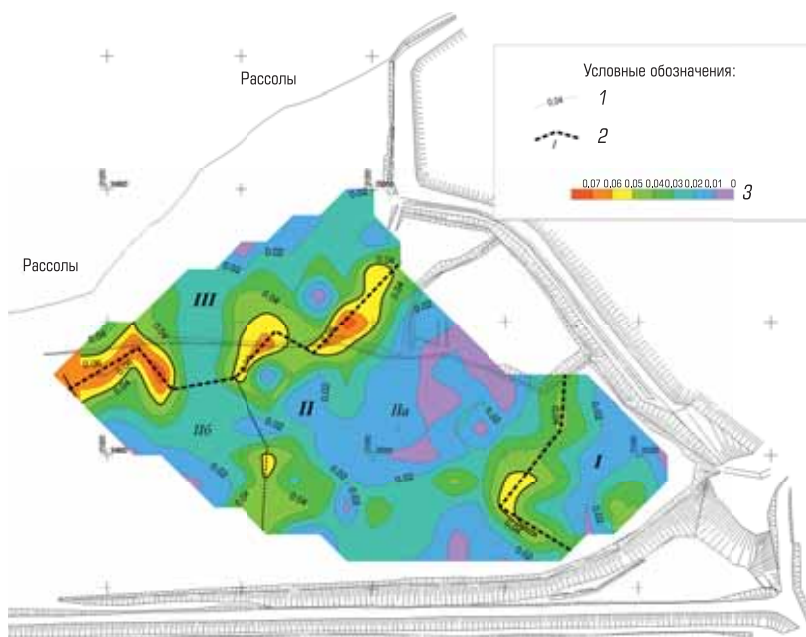


Рис. 4. Карта значений градиента динамического модуля Юнга:

1 — изолинии градиента модуля Юнга; 2 — границы структурных блоков пласта-плиты; 3 — шкала раскраски градиента модуля Юнга

материалов георадарной съемки методом профилирования, по всем профилям устойчиво прослеживалась граница раздела пласта-плиты и глинистых шламов (либо сильно увлажненных пород подошвы солеплиты). По результатам георадиолокационных зондирований на различных участках исследований определяли глубины залегания отражающих границ, что позволило построить карту мощности отложений пласта-плиты по отражающей границе, увязанной с подошвой солеплиты. Значительных аномалий в ходе проведения георадиолокационных исследований выявлено не было. Полученные методами георадиолокации значения мощности пласта-плиты хорошо согласуются с результатами других геофизических методов и дополняют их с более высокой степенью детальности.

Методами сейсморазведки изучены упругие и прочностные характеристики отложений, слагающих тело пласта-плиты, определена мощность пласта-плиты по всем профилям исследования, проведена корреляция между сейсмическими профилями. В результате построений скоростных и динамических прочностных (динамический модуль Юнга) характеристик верхней части отложений выделены структурные элементы, слагающие тело пласта-плиты (рис. 4). В пределах выделенных структурных блоков все характеристики верхней части соляных отложений тела пласта-плиты равномерно распределены по площади. Границы блоков проведены по линиям возможных нарушений сплошности пласта-плиты, связанных с условиями ее искусственного формирования: процесс отсыпки распределен во времени, различная нагрузка при выравнивании поверхности карьерной техникой и т. п. Одновременно они оконтуривают породы пласта-плиты с однородными

прочностными характеристиками внутри блоков и разделяют породы с различными характеристиками.

Деление тела пласта-плиты на блоки с различными характеристиками может быть обусловлено также рядом других факторов. Например, повышенные значения упругих характеристик в блоке I (см. рис. 4) связаны с нагрузкой солеотвала РУ-3 на поверхность пласта-плиты. Резкие различия в упругих и прочностных характеристиках во II и III блоках вызваны значительной разницей мощностей солеплиты на этих участках (до 3 м). Однородный по скоростным и прочностным характеристикам II блок делится на две структурные единицы — IIa и IIб, что может быть связано с нарушением сплошности пласта-плиты из-за наличия на этом участке строительной площадки, где складировать строительный материал для реконструкции дамб (гранитный камень, конвейерные ленты) и работает тяжелая техника.

Таким образом, проведенные исследования намывной солеплиты показали хорошую информативность выбранных геофизических методов. В ходе исследований выделены наиболее эффективные из них, определены максимальная разрешающая способность и точность методов. Использование комплекса геофизических методов открывает новые возможности их применения при изучении строения массива пород, сложенного техногенными галитовыми грунтами.

Разработанная на основе исследований методика мониторинга состояния намывного пласта-плиты на опытно-промышленном участке солеотвала позволяет проводить на постоянной основе контроль состояния такого рода сооружений в процессе их строительства и получать исходные данные для совершенствования технологии складирования твердых отходов калийного производства.

Библиографический список

1. Смычник А. Д., Богатов Б. А., Шемет С. Ф. Геоэкология калийного производства. — Минск : ЗАО «ЮНИПАК», 2005. — 200 с.
2. Шемет С. Ф., Прохоров Н. Н., Мусалев Д. Н., Вагин В. Б. Изучение технического состояния солеплиты, формируемой на отработанном шламохранилище З РУ РУП «ПО «Беларуськалий» в качестве основания будущего солеотвала, методами инженерной геофизики // Вестник Белнефтехима. 2009. № 9. С. 56–59.
3. Вопросы подповерхностной радиолокации / под ред. А. Ю. Гринева. — М. : Радиотехника, 2005. — 416 с. **ГЖ**

*Шемет Сергей Федорович,
e-mail: bmci@bmci.by
Прохоров Николай Николаевич,
e-mail: nick-prohorov@tut.by
Кафанова Татьяна Петровна,
e-mail: seisma@tut.by*

GEOPHYSICAL RESEARCHES ON STUDYING OF STRUCTURE AND ASSESSMENT OF STATUS OF WAVE-BUILT SALT PLATE BY THE SURFACE OF WORKED OUT SLIME STORAGE

Shemet S. F.¹, Chief Executive Officer, Doctor of Engineering Sciences, e-mail: gran1@tut.by

Prokhorov N. N.¹, Leading Researcher, Candidate of Engineering Sciences

Kafanova T. P.¹, Junior Researcher

¹ «Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)

Nowadays, urgency is given to the questions, connected with development of potassium enterprises' waste disposal technologies, which allow to decrease the number of territories, used for their placement. Specialists from «Belgorkhimprom» JSC designed the pilot construction site project for usage of worked out slime storage of the third Mine group into a base for expanded salt burrow. According to this decision, a halite waste layer is preliminary formed directly on the whole surface of slime storage. As a result of consolidation process, halite wastes are transformed into solid half-rock, which covers the territory of slime storage as a salt plate. According to this, the salt burrow, which technology and height depends on the salt plate's bearing capacity, is formed on the prepared salt plate. Salt plate condition control must be performed within all construction stages. Application of geophysical methods is required along with visual and instrumental control methods, which include topographical and engineering-geological surveying.

Results of the carried out researches of wave-built salt plate study have shown the high informativity of chosen geophysical methods. During the researches, the most efficient geophysical methods of wave-built plate were highlighted, together with maximum target resolution and accuracy of used methods. Usage of complex of geophysical methods shows high reproducibility and unlocks new opportunities for usage of these methods for research of massif, constructed by industrial halite subsoil.

Key words: Starobinsky deposit, dump of solid concentration wastes, insoluble slimes, excessive brines, slime storage, salt plate, geophysical researches, electrometry, georadiolocation, seismic survey, monitoring.

REFERENCES

1. Smychnik A. D., Bogatov B. A., Shemet S. F. *Geoekologiya kaliynogo proizvodstva* (Geology of potassium production). Minsk : «YuNIPAK» JSC, 2005, 200 p.
2. Shemet S. F., Prokhorov N. N., Musalev D. N., Vagin V. B. *Vestnik Belneftekhima – Belneftekhim Bulletin*, 2009, No. 9, pp. 56–59.
3. *Voprosy podpoverkhnostnoy radiolokatsii* (Issues of surface radiolocation). Under the editorship of A. Yu. Grinev. Moscow : Radiotekhnika, 2005, 416 p.

УДК 622.831.5/.6:622.363.2

В. Н. НОВОКШОНОВ, А. Ф. ДАНИЛОВА, В. Н. ДЕШКОВСКИЙ (ОАО «Белгорхимпром»)
В. Э. ЗЕЙТЦ (ОАО «Беларуськалий»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ТРЕЩИН В ПОДРАБАТЫВАЕМОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА СТАРОБИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ



В. Н. НОВОКШОНОВ,
старший научный сотрудник,
канд. техн. наук



А. Ф. ДАНИЛОВА,
зав. лабораторией



В. Н. ДЕШКОВСКИЙ,
ведущий научный сотрудник,
канд. техн. наук



В. Э. ЗЕЙТЦ,
главный маркшейдер

Показаны многолетние и трудоемкие натурные исследования (из специально пройденных горных выработок) процесса развития техногенной трещиноватости в подрабатываемом очистными работами массиве горных пород Старобинского месторождения калийных солей, позволившие уточнить механизм образования и развития водопроводящих трещин в пространстве и во времени и на этой основе прогнозировать и предупреждать угрозы затопления рудников.

Ключевые слова: разработка калийных солей, водозащитная толща, подрабатываемый массив, напряженное состояние, деформации, мульда сдвижения, трещины расслоения, секущие трещины, зоны разлома, водопроводящие каналы.

Подрабатываемый массив Старобинского месторождения калийных солей представляет собой комплекс переслаивающихся горных пород — глин, солей, мергелей, наносов и других, без включений крепких породных мостов. Калиеносная субформация осадочного чехла, к разрезу которой приурочены разрабатываемые калийные горизонты, перекрыта отложениями девонской

глинисто-мергелистой толщи, водоупорные породы которой подстилают водоносный комплекс мезозойско-кайнозойских отложений мощностью 100–120 м, являющийся зоной активного водообмена.

Изучением техногенной трещиноватости подработанного массива пород в натуральных условиях и на математических моделях