

**Влияние сапропелей на фракционный состав
минеральных фосфатов почв**

Варианты опыта	Фракции минерального фосфора								Сумма минеральных фосфатов	Накоплено минеральных фосфатов
	рыхлосвязанные		Al — P		Fe — P		Ca — P			
	мг/100 г почвы	%	мг/100 г почвы	%	мг/100 г почвы	%	мг/100 г почвы	%		
Дерново-подзолистая песчаная почва										
Фон	1,4	3,9	14,6	40,2	16,5	45,5	3,8	10,4	36,3	—
Фон + 100	1,4	3,7	14,5	38,7	17,1	45,6	4,5	12,0	37,5	1,2
Фон + 200	1,8	3,9	20,1	43,5	18,1	39,2	6,2	13,4	46,2	9,9
Фон + 300	2,4	4,0	23,9	40,1	21,5	36,1	11,8	19,8	59,6	23,3
Фон + 400	2,4	4,5	20,8	39,2	21,5	40,5	8,4	15,8	53,1	16,8
Фон + 800	2,5	4,7	13,4	25,2	25,5	47,9	11,8	22,2	53,2	16,9
Дерново-глеевая песчаная почва										
Фон	1,2	4,4	11,1	41,0	9,5	35,1	5,3	19,6	27,1	—
Фон + 100	1,5	2,8	19,8	37,2	20,8	39,1	11,1	20,9	53,2	26,1
Фон + 200	2,0	4,1	18,0	37,3	21,7	45,1	6,5	13,5	48,2	21,1
Фон + 300	1,5	3,7	14,3	34,5	19,6	47,3	6,0	14,5	41,4	14,3
Фон + 400	1,5	3,5	14,8	34,2	21,4	49,4	5,6	12,9	43,3	16,2

на их агрохимические свойства, групповой состав минеральных фосфатов, урожайность сельскохозяйственных культур. Наибольшее накопление количества минеральных фосфатов в дерново-глеевой песчаной почве отмечено при внесении сапропелей в дозе 100 т/га, а в дерново-подзолистой песчаной — 300 т/га.

Список литературы

1. Кулаковская Т. Н., Смеян Н. И. // Рациональное использование земельных ресурсов Белоруссии, Прибалтики, Северо-Запада и Нечерноземного Центра РСФСР. Минск, 1972. С. 125.
2. Романенкова М. М., Виновец Г. В., Сиденко В. Т., Лопатко М. З. // Земледелие. 1978. № 8. С. 69.
3. Величко В. А., Кирдун Е. А., Виновец Г. В. Временные рекомендации. Минск, 1980.
4. Агрохимические методы исследования почв. М., 1975. С. 127.

УДК 528.9:553(476)

В. А. ВИТОВЕЦ, В. П. КЛЕМЕНТЬЕВ,
П. С. ЛОПУХ, С. Ф. ШЕМЕТ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СОЛЕОТВАЛАХ ДЕЙСТВУЮЩИХ КАЛИЙНЫХ КОМБИНАТОВ

При добыче галитовых пород для производства калийных удобрений неизбежно образование больших объемов галитовых отходов в виде солеотвалов на поверхности земли, что приводит к явлениям, отрицательно сказывающимся на природе прилегающей территории. В результате современных экзогенных процессов происходит разрушение галитовых пород и засоление почв, грунтовых и поверхностных вод. Проблема усу-

губляется расположением солеотвалов, которые в рельефе представляют террикообразные нагромождения галитовых пород, на малом водосборе Солигорского водохранилища.

В минералогическом отношении эти породы характеризуются преобладанием галита (NaCl до 92 %), небольшим содержанием сильвина (KCl 3 %) и незначительной примесью (до 2 %) других включений (CaCl_2 , MgCl_2 , CaSO_4). Кроме легкорастворимых соединений, в состав отходов входит нерастворимый глинистый остаток (до 4 %).

По гранулометрическому составу галитовые отходы, поступающие на солеотвал, условно можно отнести к среднезернистым пескам влажностью до 8–12 % вследствие наличия технологических хлоридно-натриевых рассолов. По истечении трех — пяти суток после отсыпки они превращаются в твердую полускальную породу в результате кристаллизации солей в поровом пространстве из рассолов. Основным компонентом отходов является галит, обладающий хорошей растворимостью в воде, поэтому на солеотвалах интенсивно протекает ряд инженерно-геологических процессов, при этом скорость развития их гораздо выше, чем в других грунтах.

С момента появления таких техногенных образований, как солеотвалы, к ним постоянно в большей или меньшей степени приковано внимание многих исследователей. Отдельные процессы выявлялись на стадии их зарождения. Наиболее изучен процесс засоления геологической среды [1–5], отдельные процессы и явления на солеотвалах Солигорских калийных комбинатов описаны в работах [3, 4, 6]. Широко изучен карстовый процесс на солеотвалах [7, 8].

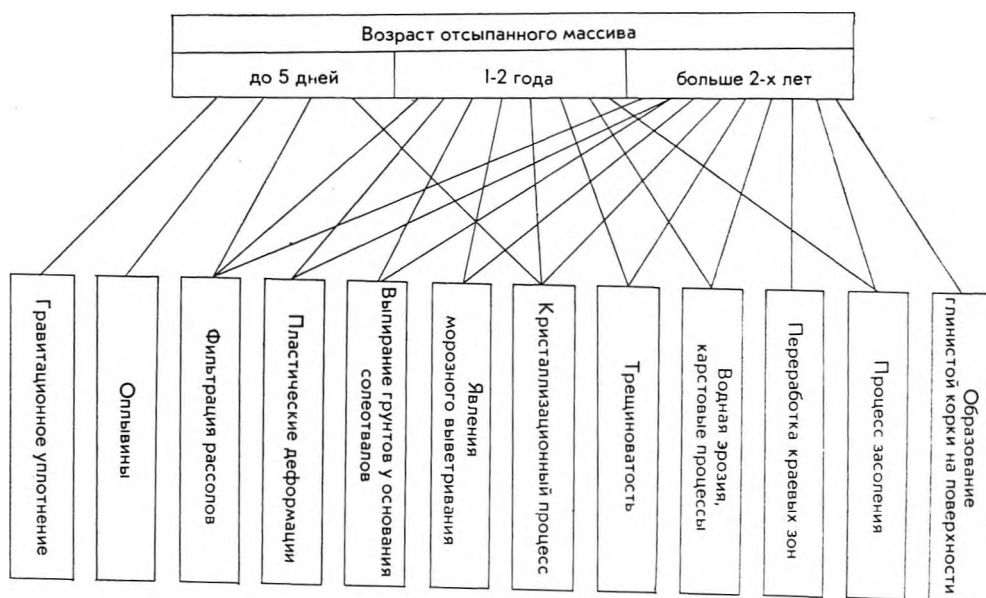
В настоящее время все инженерно-геологические процессы получили широкое развитие, особенно на старых солеотвалах, что позволило дать полную количественную и качественную оценку и сравнить их с аналогичными явлениями в естественных природных условиях, а также выявить степень воздействия на окружающую среду. С этой целью в 1985–1986 гг. была осуществлена детальная инженерно-геологическая съемка солеотвалов производственного объединения «Белоруськалий». При этом проводились режимные наблюдения за развитием аналогичных явлений как на естественных месторождениях солей, так и в других геоморфологических системах с учетом сезонов года, поскольку интенсивность этих процессов имеет тесную связь с климатическими условиями.

Исследования проводились также на опытных участках рекультивации солеотвалов, которая заключалась в совместном складировании шламовых грунтов из отработанных шламохранилищ с галитовыми отходами. Исследования этих участков показали, что они покрыты карстовыми воронками (60 % территории) до 2 м в диаметре и глубиной до 1,5 м. Поверхность участков оказалась выше на 1,2–1,5 м окружающей. Таким образом, этот способ рекультивации оказался малоэффективным.

Инженерно-геологические процессы на солеотвалах по возрасту объединены нами в три группы (см. рисунок).

Гравитационное уплотнение наблюдается на протяжении всего времени отсыпки солеотвалов. Так, в работе [5] указывается, что объемный вес изменяется от 1,50 г/см³ в свежееотсыпаемых отходах до 1,95 г/см³ в плотных монолитных. Процесс уплотнения отходов сопровождается отжатием рассолов, трещинообразованием и пластическими деформациями в нижних слоях (по данным наблюдений маркшейдерской службы), высота солеотвалов сразу после отсыпки уменьшается на 1,5–2,5 м в год.

Оплывины. С повышением влажности отсыпаемых отходов более 12 %, а также с увеличением угла откоса больше 50° происходит оползание отдельных масс отходов объемом от 2 до 5 м³ по склону. При этом на поверхности склона остается желоб овальной формы шириной 1–1,8 м и глубиной до 0,5 м. Это явление наблюдается только при отсыпке в течение одних суток, до упрочнения грунта. Оплывины представляют собой опасность для технологического оборудования и людей у подножья солеотвала.



Инженерно-геологические процессы, характерные для солеотвалов Солигорских рудников

Фильтрация рассолов. В исходном состоянии галитовые отходы содержат 8—12 % рассолов, которые по порам (пористость в начальный период отсыпки составляет больше 45 % [5]) фильтруются в нижележащие слои и в сторону склонов. Коэффициент фильтрации при этом составляет 10 м/сут и более. С течением времени галитовые отходы уплотняются, пористость их уменьшается до 5%, а коэффициент фильтрации понижается до 0,0005 м/сут и меньше. Фильтрующиеся рассолы, встречая на своем пути более плотные породы, выходят на поверхность в виде источников и стекают по склонам в рассолосборники у подножья солеотвалов.

Пластические деформации. Солеотвалы, состоящие на 92 % из галита, обладают высоким коэффициентом пластичности под воздействием постоянной нагрузки, стремящейся к бесконечности [9]. Под действием нагрузки вышележащих масс галитовых отходов породы нижнего слоя начинают «течь» в стороны от центра солеотвала. Процесс сопровождается уменьшением их высоты. На наличие такого рода деформаций указывает также наклон крепи в старой штольне на солеотвалах, которая имеет наклон около 50° в сторону к выходу.

Выпирание грунтов. При наличии в основании солеотвалов слабых грунтов и насыщении их водными растворами под давлением вышележащих отходов происходит их выпирание с образованием вала выпора у подножия. Валу выпора овальной формы высотой до 0,8—1,0 м и шириной 1,5—2,0 м имеют локальное распространение длиной до 10—15 м.

Явления морозного воздействия. Зимой у подножия солеотвала наблюдается образование островерхих конусообразных бугров пучения высотой до 0,3—0,4 м, длиной до 3—5 м. На поверхности старых солеотвалов отмечено откалывание породы от основного массива (плитки породы разнообразной формы толщиной до 10 см и в диаметре до 30 см) в результате попадания осадков в трещины и последующего их замерзания. По всей длине трещин откалывания наблюдается выпирание глинистого материала, высота валиков выпирания достигает 1—2 см. Наблюдается это явление и на отсыпках двухлетней давности. Одновременно при низких отрицательных температурах (21° и ниже) идет интенсивное образование гидрогалита ($\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), который кристаллизуется на поверхности отдельными скоплениями в виде своеобразных кружев.

Кристаллизационный процесс. Из рассолов, образующихся на солеот-

валах, происходит постоянный процесс кристаллизации и осаждения солей, наиболее интенсивно — в зимнее и летнее время, когда рассолы легко переходят в перенасыщенное состояние. Формы и размеры кристаллов зависят от температурных условий, конкретного типа кристаллизующейся соли и положения на солеотвалах. В течение года кристаллические образования непостоянны, неоднократно размываются атмосферными осадками и возникают вновь. Большое значение для увеличения прочности солевых отходов имеет кристаллизация солей из рассолов в поровом пространстве. При этом отходы из сыпучего состояния превращаются в полускальную породу с коэффициентом одноосного сжатия более 80 кг/см².

Явление трещиноватости широко распространено на солеотвалах. Основная часть трещин появляется на поверхности из-за первоначального уплотнения и упрочнения свежесыпанного массива отходов. Система трещин сплошь покрывает поверхность солеотвала. Видимая глубина таких трещин до 1 м, при ширине у поверхности до 10–20 см, а иногда и более. Направление трещин в основном от вершины конуса к периферии параллельно фронтальной линии смещения массы отходов. Кроме трещин такого типа, на солеотвалах встречаются и трещины, образовавшиеся в результате перемещения центра тяжести отдельных блоков в массиве солеотвала. Проникновение этого типа трещин вглубь наблюдается значительно чаще, чем трещин первого типа. Видимая глубина их достигает более 2 м, при раскрытии до 0,6–0,8 м. Оба типа трещин с течением времени под растворяющим воздействием атмосферных осадков увеличивают свои размеры. Наличие трещин способствует карстовому процессу и уменьшает прочность и монолитность солеотвала в его верхней части.

Водная эрозия. В результате выпадения атмосферных осадков происходит повсеместный размыв поверхности солеотвалов с образованием различных форм, напоминающих карстовые. Вследствие поверхностного размыва высота солеотвала ежегодно понижается на 0,25 м. При выходе источников на склонах солеотвала водным потоком выносятся мелкие частички техногенной породы, и, таким образом, происходит образование внутренних полостей, которые впоследствии приводят к обрушению пород с образованием воронок суффозионно-обвального типа. На местах движения потоков по поверхности солеотвала в период обильных осадков происходит формирование промоин. У подножия солеотвалов в точках выхода потоков рассолов образуются конусы выноса с мощностью отложений в вершине конуса до 1,5 м.

Этот процесс — один из распространенных на солеотвалах, особенно на более старых, где на отдельных участках поверхность солеотвала сплошь покрыта воронками выщелачивания. В настоящее время можно выделить поверхностное и внутреннее выщелачивание. Для поверхностного выщелачивания характерны следующие формы: соляные зубья, останцы, поноры, колодцы, воронки, русловые промоины, овраги, для внутреннего — поноры, провалы, пещеры.

Переработка краевых зон солеотвалов. К подножию солеотвалов прижимают рассолосборники. С выпадением атмосферных осадков минерализация уменьшается, и рассол становится агрессивным к грунтам солеотвалов. При этом происходит размыв контактной зоны с образованием ниш и последующим обрушением пород солеотвалов по образному обвальному типу с формированием вертикальных стенок (бровки). Большую роль в интенсивности переработки краевой зоны играет трещиноватость пород, а также контакт рассолов с породами солеотвалов.

Процессы засоления геологической среды отходами калийного производства в Солнгорском промышленном районе наиболее изучены. Образующиеся рассолы на участках с отсутствием подстилающих экранов фильтруются в нижележащие водоносные горизонты четвертичного и палеоген-неогенового комплексов. По данным электропрофилирования, проведенного в разные годы лабораторией охраны окружающей среды БФ ВНИИГА, среднегодовая скорость продвижения ореола засоления

подземных вод достигает 20—30 м в год. Засоление палеоген-неогенового водоносного горизонта идет интенсивнее в 1,2—2 раза.

Интегральным показателем рассмотренных инженерно-геологических процессов является существенное повышение минерализации водной массы малого водосбора Солигорского водохранилища. Наряду с засолением поверхностных вод и почв происходит и загрязнение атмосферы при ветровой эрозии солеотвалов. Выявленные процессы происходят на всех солеотвалах производственного объединения «Белорусский», интенсивность и стадии их развития зависят от возраста солеотвалов.

Солеотвалы являются удобным полигоном для изучения инженерно-геологических процессов этой категории: они находятся в климатической зоне с хорошим увлажнением, имеют достаточно низкий базис эрозии, что способствует увеличению интенсивности протекания процессов.

Исследование инженерно-геологических процессов на солеотвалах действующих калийных комбинатов позволяет разработать мероприятия по безопасному проведению работ складирования галитовых отходов в солеотвалы, а также по устранению загрязнения природной среды отходами калийных производств.

Список литературы

1. Богомолов Г. В., Роткин С. М., Козлов М. Ф. // Охрана окружающей среды калийных производств. Минск, 1979. С. 25.
2. Клементьев В. П., Еременко Ю. П., Колпашников Г. А. // Докл. АН БССР. 1973. № 3.
3. Колпашников Г. А. // Гидрогеология и инженерная геология Белоруссии. Минск, 1975.
4. Колпашников Г. А., Еременко Ю. П., Курбатова Н. М. и др. Там же.
5. Еременко Ю. П., Рябцева Т. В. // Формирование ореолов засоленных вод. Минск, 1974.
6. Колпашников Г. А. // Гидрогеология и инженерно-геологические условия Белоруссии. Минск, 1978.
7. Шпаков О. Н., Клементьев В. П. // Охрана окружающей среды калийных производств. Минск, 1979. С. 65.
8. Bogomolov G. W., Klementev V. P., Turencov V. I. // Erosion and Sediment Transport Measurement (Proceeding of the Elorence Symposium, Jump. 1981) IAHS Publ. 1981. P. 513.
9. Гончарова М. В., Амосова Л. Е., Волченко Е. Г. // Поваренная соль и ее растворители. Л., 1970.

УДК 551.526

Г. М. БАЗЫЛЕНКО, Л. А. БЛАЖЕВИЧ

РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ НАРОЧАНСКИХ ОЗЕР

Актинометрические наблюдения на озерной гидрометеостанции Нарочь, выполненные Л. А. Блажевич в течение 1982—1985 гг., эпизодические гидрооптические исследования озер К. А. Мокневским [1, 2], обработка многолетних актинометрических и метеорологических материалов наблюдений И. А. Савиковским [3, 4 и др.] явились основой для количественной оценки процессов изменения во времени взаимно связанных поступающей и отраженной радиации, излучения атмосферы, поглощения и отражения радиации поверхностью деятельного слоя методом радиационного баланса, рассчитанного авторами настоящей работы за 25-летний безледный период (1961—1985).

Нарочанские озера расположены в единой гидрографической сети, в радиусе до 50 км, в относительно однородных гидрометеорологических условиях (средние облачность, суммарная солнечная радиация, температура воздуха и поверхности воды); различие в величине радиационных параметров (эффективное излучение, альbedo, проникновение поглощенной радиации на глубину) может быть обусловлено особенностями морфометрии и гидрооптическими показателями (табл. 1).