

УДК 550.8.621.039.9(24)

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ФИЛЬТРАЦИИ В СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТВАЛА ТЭЦ-2 г. АЛМАТЫ)****Шайторов В.Н., Ефремов М.В., Мариненко В.А., Жолдыбаев А.К., Кушербаева Н.Н.,
Шульга М.В., Шевченко В.П., Максимов Е.М.***Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан*

Приведены результаты исследования возможностей повышения достоверности геофизических данных при выявлении зон фильтрации в суглинистых грунтах на основе расширения числа изучаемых информативных параметров. Кроме традиционно используемого естественного электрического поля (ЕП), привлечены вызванная поляризация (ВП) и газопроницаемость. Показана эффективность усовершенствованной технологии на примере выявления локальных мест фильтрации в золоотвале № 1 ТЭЦ-2 г. Алматы.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасной эксплуатации промышленных объектов, расположенных в местах распространения структурно неустойчивых пород, таких как слабопроницаемые грунты повышенного увлажнения, напрямую связано с наличием достоверных данных об изменении деформационных свойств основания таких объектов. Как показала практика [1, 2], особенно актуальной эта проблема является для глинистых грунтов при их обводнении вследствие нисходящей фильтрации поверхностных вод. Поэтому одной из важных задач инженерно-геологических исследований является выявление участков сосредоточенной фильтрации воды.

Традиционные методы изучения фильтрационных процессов базируются на применении гидрогеологического опробования (опытные наливки в шурфах и скважинах). Данная технология достаточно трудоемка, малопроизводительна и практически не приемлема при обследовании значительных площадей по плотной сети наблюдения. В таких условиях для выявления и изучения фильтрационных процессов, как показано в [3–5], перспективно привлечение геофизических методов, в частности, методов естественного электрического поля (ЕП) и электрического сопротивления.

В [6] применение метода ЕП обосновано образованием электрического поля при движении жидкости в пористой среде. При этом участки со нисходящей фильтрацией отмечаются пониженными значениями потенциала ЕП, а восходящей – повышенными значениями. Интенсивность наблюдаемого поля тем выше, чем меньше мощность перекрывающей толщи и чем выше значения электрического сопротивления вмещающих пород по сравнению с зоной фильтрации. Из приведенных закономерностей следует, что в электропроводящих суглинистых грунтах не следует ожидать интенсивных аномалий фильтрационного происхождения. Кроме того, известно [6], что аномальные эффекты в методе ЕП, сходные с фильтрационными процессами, часто образуются за счет формирования диффузионно-адсорбционных потенциалов, связанных с различием пористости грунтов и

минерализации поровой жидкости. В приповерхностной части грунтов диффузионно-адсорбционные поля существенно зависят от климатических и погодных условий влажности, температуры, минерализации вод. Эти поля наблюдаются совместно с фильтрационными и разделить их, как правило, не представляется возможным.

Осложняющим фактором при диагностике природы аномальных эффектов, связанных с инфильтрацией воды, является также наличие в грунтах электропроводящих объектов – металлических труб, различных коммуникаций. Они выступают как «природные гальванические элементы», неравномерно окисляющиеся по глубине, что проявляется в создании локальных отрицательных аномалий ЕП, которые по конфигурации могут быть сходными с фильтрационными.

Методы электрического сопротивления для изучения фильтрационных потоков [4, 5] применяют благодаря уменьшенному удельному электрическому сопротивлению грунтов в зоне влияния фильтрационного потока за счет их повышенной влажности и водонасыщенности. Однако в электропроводящих суглинистых грунтах этот признак фильтрационных потоков часто бывает ненадежным. Поэтому методы электрического сопротивления (в различных модификациях профилирования и зондирования) при выявлении и изучении фильтрационных потоков, как правило, используют в качестве дополнительных к методу ЕП.

В данной статье, приведены результаты привлечения (кроме естественного поля) таких параметров, как поляризуемость и газопроницаемость для выявления зон фильтрации в грунтах, в первую очередь, суглинистых. Полагалось, что присутствие золы может выступать в качестве поляризуемого материала, создающего эффект вызванной поляризации как за счёт ионной проводимости, так и из-за наличия в нем гематита [7]. При этом зоны с повышенной водопроницаемостью должны проявиться локальными шлейфами аномально повышенной поляризуемости, а, учитывая данные из [8] о пропорциональной зависимости газо- и водопроницаемости в различных ти-

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ФИЛЬТРАЦИИ В СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОВАЛА ТЭЦ-2 г. АЛМАТЫ)**

пов глинистых пород – положительными газовыми аномалиями.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ УЧАСТОК

Информационную основу при рассмотрении вопроса о возможном повышении достоверности геофизических данных при выявлении фильтрационных зон в структурно неустойчивых суглинистых грунтах составили данные экспериментальных съёмок на золоотвале ТЭЦ-2 в г. Алматы. Экспериментальный участок представляет блоковую структуру проседания, сформировавшуюся в зоне тектонического нарушения, проявленной в рельефе дневной поверхности в виде оврага глубиной порядка 20 м (палеоруло реки Каргаalinka). Конструктивно золоотвал (рисунок 1) представляет чашу размером 330–450×11400 м накопителя золы с ограждающими подпорными дамбами из местных лессовидных суглинков с уплотнением грунта высотой 6–20 м и шириной по гребню 7,5–8,5 м. Верхняя часть разреза до глубины порядка 8–10 м сложена золой с включением мелкого шлака: до 2–3 м – зола сухая и слабовлажная с электрическим сопротивлением (по данным ВЭЗ) порядка 100–300 Ом×м; ниже – влажность золы возрастает с понижением электрического сопротивления до значений порядка 20–25 Ом×м. Подстилающие золу лессовидные суглинки мощностью порядка 18–30 м слабоводостойкие с прослоями и линзами водонасыщенных песков. Насыщенные высокоминерализованной водой такие неоднородные грунты характеризуются минимальными значениями электрического сопротивления – от 2–3 до 10–20 Ом×м. Грунтовые воды, приуроченные к пескам и суглинкам с прослоями песков, встречены на глубинах 20–25 м.

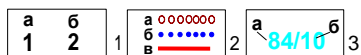
Данная площадка представляет интерес как один из примеров среды пониженной прочности с неравномерным уплотнением, для которой экологически важной является задача выявления и контроля за ослабленными зонами с повышенной фильтрацией воды. Аналогичные задачи актуальны для мест размещения различных ответственных объектов, возведенных на осадочных суглинистых породах, в том числе, объектов атомной энергетики.

МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ СЪЕМОК

Измерения на экспериментальном участке (рисунок 1) проведены методами ЕП, ВП и атмогеохимии.

Метод естественного электрического поля (ЕП). Площадная съемка проведена для общей оценки фильтрационной обстановки с выявлением (по аномально пониженным значениям потенциала ЕП) вероятных участков с повышенной вертикальной фильтрацией воды. Измерения выполнены способом потенциала согласно требованиям [9] с использованием электроразведочного приёмника ВПФ-210м (разработка РГП ИГИ) и медно-сульфатных неполяризующихся электродов. Сеть наблюдений 40×10 м со сгущением до 20×10 м (в южной половине площадки с наиболее сложным характером поля ЕП).

Достигнутая относительная погрешность съёмки – не хуже ±5 %, что вполне удовлетворяет требованиям [10].



1 – профили электроразведочных съёмок: (а) ЕП, (б) ДЭЗ-ВП, (в) по которым приведены примеры интерпретации данных ДЭЗ-ВП; 2 – номера профилей (числитель – номер в десятках метров, знаменатель – пикет в метрах)

Рисунок 1. Схема профилей на экспериментальном участке методами ЕП и ДЭЗ-ВП

Метод дипольного электрического зондирования (ДЭЗ-ВП). Площадная съемка выполнена для оценки степени неоднородности разреза на глубинах от 1 до 15–20 м по поляризуемости, с выделением локальных изменений этого параметра, пространственно увязанных с аномальными зонами ЕП. Измерения выполнены с использованием генератора ГЭР-65W-500V и измерителя ВПФ-8к (разработки РГП ИГИ) дипольной установкой с питающей и приёмной линиями, ориентированными по профилю (схема «диполь – диполь»). Получение данных по распределению поляризуемости в заданном интервале глубин обеспечено зондированиями в каждой точке по 8 срезам путём изменения расстояния между центрами питающей и приёмной линиями. Для обеспечения исследования разреза до глубины не менее 20 м размеры питающего и приёмного диполей составляли 5 м, расстояние между их центрами – от 5 до 40 м, шаг наблюдений – 5 м. При детальных съёмках на глубину порядка 5 м размеры обоих диполей уменьшены до 1 м, шаг наблюдений составлял 2 м. Достигнутая относительная погрешность съёмки была не хуже ±5 %, что соответствует требованиям [10].

Атмогеохимическая съёмка. Площадная съёмка содержания газа-индикатора CO₂ выполнена для проверки зон фильтрации, выделенных по электрическим параметрам, а также для оценки относительной водопроницаемости этих зон по сформированным локальным газовым потокам в покровных отложениях, непосредственно над разуплотненными ослабленными структурами [11], что широко используется в инженерной геологии [12]. Содержание газа-индикатора CO₂ измерялось газоанализатором X-am 7000 (Dräger, Германия). Пробы почвенного воздуха отбирались из шпуров глубиной ~0,5 м специальным пробоотборником с шагом 5 м, а при сгущении – с шагом до 1 м. Повышение точности данных обеспечивалось за счет выполнения измерений в двух рядом пройденных шпурах. Расхождение в обоих измерениях не превышало ±20 %, что соответствует требованиям [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ СЪЕМОК

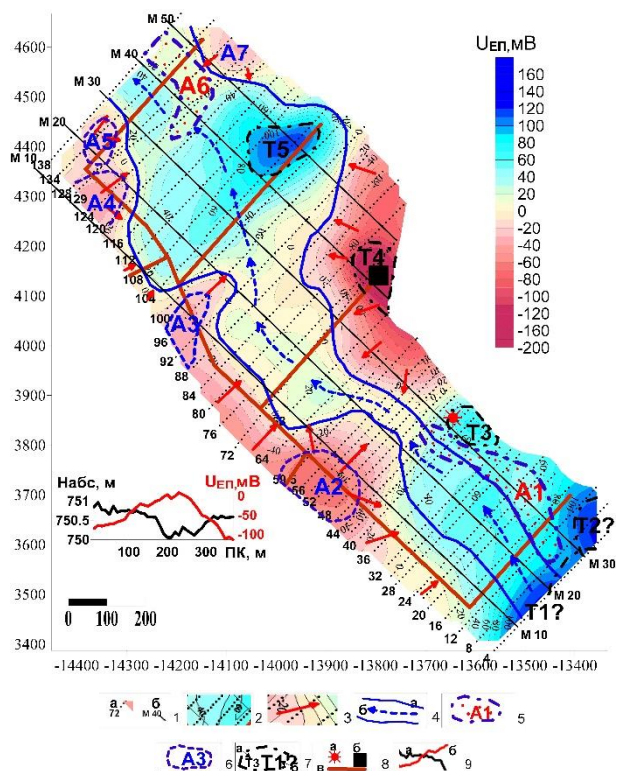
Оценка фильтрационной обстановки по аномальным эффектам естественного электрического поля

Результаты площадной съёмки потенциала естественного поля приведены на рисунке 2.

Как видно из рисунков 2-а, б, основная закономерность состоит в возрастании значений потенциала ЕП от бортов дамбы к центральной части золоотвала при одновременном понижении высотных отметок рельефа накопителя. Такое «обратное» соотношение этих параметров согласно [6], однозначно объясняется фильтрационным происхождением и в данном случае вызвано, судя по значительному перепаду значений потенциала ЕП (до ≥100 мВ) и размерам аномальной зоны (>100 м), – стоком поверхностных вод, в том числе и по погребенному рельефу. В этой связи, область, прилегающая к зонам с максимальным значением потенциала, проинтерпретирована как палеоруло реки Каргалинка, долина которой расширена в юго-восточной и северо-западной частях золоотвала.

Для оценки фильтрационных свойств суглинистого экрана практический интерес представляют линейно вытянутые зоны с пониженными значениями потенциала ЕП. Наиболее значимые из них – зоны А1 и А6. Зона А1 шириной ~40–60 м прослежена в юго-восточной прибортовой части золоотвала от дамбы до шахтного водозабора. Зона А6, шириной ~40–80 м, – прослежена на северном фланге золоотвала. Эти зоны имеют простирание, согласное с простиранием одной из тектонических структур, проявленных на дневной поверхности в виде оврага. В области влияния таких геодинамических структур, как правило, происходят наибольшие деформации и ухудшение прочностных свойств покровных отложений, частью которых является и противофильтрационный экран. По этим признакам аномальные зоны А1 и А6 отнесены к зонам фильтрационного происхождения.

Выделен ряд других локальных неоднозначно диагностируемых аномальных зон - А2, А3, А4, А5 и А7, -, расположенных в части, прилегающей к северо-западному (профили 88–128) и северному (профили 120–134) бортам дамбы. Аномальные зоны А3 и А4 пространственно связаны с областями сопряжения элементов дренажной системы, содержащей металлоконструкции и поэтому вполне возможна и техногенная их природа.



1 – номер (в десятках метров): (а) профиля, (б) магистрали; 2 – точки наблюдений и изолинии U_{ЕП}; 3 – направление стока по рельефу; 4 – палеоруло реки: (а) контур, (б) направление водотока; 5 – зона водопоглощения по данным ЕП; 6 – локальные зоны предполагаемого фильтрационно-диффузионного происхождения; 7 – аномальные зоны, вызванные техногенными объектами: (а) установленными, (б) предполагаемыми; 8 – техногенные объекты: (а) шахтный водозабор, (б) погребенные стальные трубы, (в) элементы дренажной системы; 9 – графики: (а) рельефа дневной поверхности, (б) ЕП

Рисунок 2. Экспериментальный участок: (а) общая фильтрационная обстановка по данным электроразведки методом ЕП, (б) графики рельефа дневной поверхности и ЕП по профилю 59,5

Особенностью поля потенциала является наличие в нём нескольких аномальных зон – Т1?, Т2?, Т3, Т4 и Т5, – со значениями потенциала, превышающими фоновые на ±100 мВ и более.

Аномальные зоны Т1? и Т2? расположены в юго-восточной прибортовой части дамбы золоотвала, где трубопроводы параллельны профилям 4, 6 и 8 и находятся в непосредственной близости от них. Но учитывая сходную техногенную нагрузку дамбы на северо-западном фланге золоотвала, в районе профилей 134 и 138, где подобных эффектов не установлено,

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ФИЛЬТРАЦИИ В СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОВАЛА ТЭЦ-2 г. АЛМАТЫ)**

предположено, что аномальные зоны Т1? и Т2? вызваны неоднородностью вещественного состава грунтов, слагающих юго-восточную часть дамбы золоотвала. Диагностика аномальной зоны Т3 как техногенной особых затруднений не вызывает, так как она находится в области влияния металлоконструкций шахтного водозабора.

Аномальные зоны Т4 и Т5 (как представляющие собой диполь) проинтерпретированы согласно [6] как вызванные протяженным электропроводящим объектом на глубине. Предположение полностью подтверждено результатами вскрышных работ, которыми обнаружены два фрагмента стального трубопровода, а также анализом проб суглинистого экрана в пределах аномальной зоны Т4 (точки 1 и 3) и на удалении от неё (точки 4, 5 и 6). Анализы всех проб показали примерно одинаковые плотностные и водо-физические свойства без видимых признаков проявления фильтрационных процессов.

Определение связи аномальных зон в поле электрического потенциала с локальными повышениями водопроницаемости противофильтрационного экрана

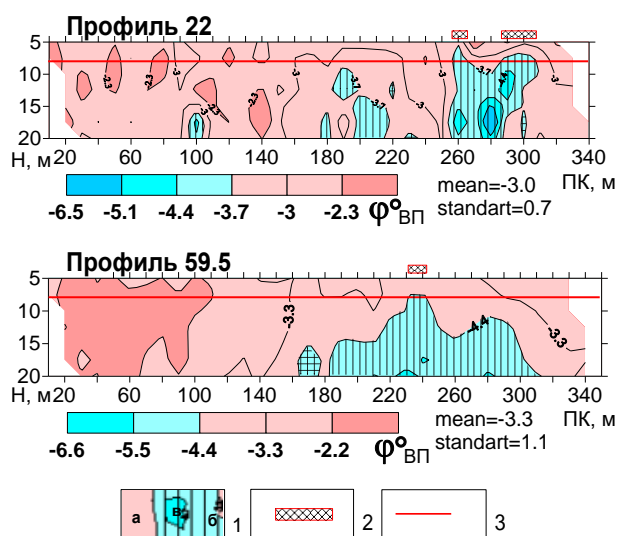
Выполнены исследования по оценке глубинности аномальных зон естественного электрического поля и по локализации мест с повышенной водопроницаемостью в действующем суглинистом экране.

Решение первой задачи осуществлялось в условиях максимальной (порядка 9 м) мощности золы в южной половине золоотвала съемкой по опорным профилям методом ДЭЗ-ВП с шагом 10 м на глубину 20–25 м. Информативность применённой технологии рассмотрена на примере аномальной зоны А1 в сечении профилей 22 и 59,5 (рисунок 3).

Локальные зоны аномально повышенных значений поляризуемости выявлены преимущественно в центральных и восточных частях профилей и прослежены до глубин, существенно превышающих положение действующего (~8–9 м) и погребенного (~12–15 м) противофильтрационных суглинистых экранов, что свидетельствует о высокой миграционной способности поляризуемого материала. На восточном фланге профиля 22, а также профилей 32 и 44, области повышенной поляризуемости удовлетворительно совпадают с аномальной зоной пониженных значений потенциала естественного поля ЕП (А1). Таким образом, наличие поляризуемого материала на глубине фактически подтвердило фильтрационную природу этой аномальной зоны. При этом, судя по глубине распространения аномальной поляризуемости, фильтрация воды происходит не только в действующем, но и погребенном суглинистых экранах.

Для локализации мест с повышенной водопроницаемостью в действующем суглинистом экране выполнены исследования, включавшие детализирующие электроразведочную методом ДЭЗ-ВП и атмогеохимическую съёмки в золоотвале с остаточной мощностью золы порядка 1 м после её выемки. Для

изучения пространства, прилегающего к противофильтрационному экрану, глубинность съемки ДЭЗ-ВП была ограничена ~4,5 м.

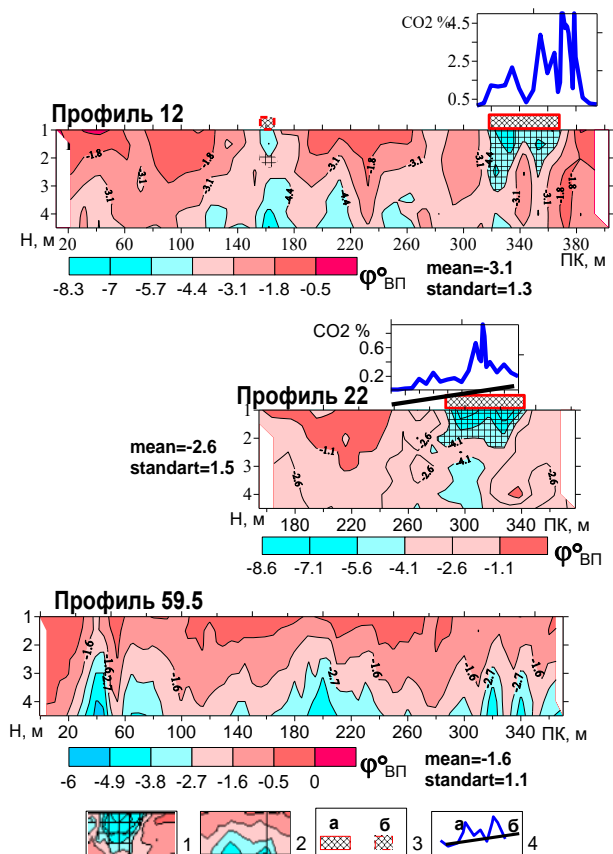


mean – средние значения поляризуемости по каждому профилю;
standart – стандартное отклонение от среднего
1 - изолинии фазы вызванной поляризации и области со значениями:
(а) фоновыми (не более стандартного отклонения от средних значений),
(б) повышенными (превышает стандартное отклонение от среднего),
(в) аномально повышенными (более удвоенного стандартного отклонения от среднего); 2 – проекция на дневную поверхность предполагаемой зоны повышенной фильтрации в суглинистом экране на глубине 8 м по геофизическим данным; 3 – ориентировочная глубина залегания кровли суглинистого экрана

Рисунок 3. Профили 22 и 59,5. Выявление зон фильтрации в суглинистом экране на глубине 8 м по данным ДЭЗ-ВП

На рисунке 4 приведен пример такой локализации по профилям 12, 22 и 59,5. Как видно из этого рисунка, по наиболее контрастным аномалиям ВП однозначно установлено наличие поляризуемого материала на восточных флангах профилей 12 и 22 на глубинах от 1 до 2–3 м, что, наиболее вероятно, вызвано субвертикальной фильтрацией раствора золы на этих участках действующего противофильтрационного экрана. Аналогичные эффекты получены по профилям 18, 24, 26 и 32. По профилю 59,5 область повышенной поляризуемости установлена глубже действующего противофильтрационного экрана. Такая же повышенная глубина получена по всем профилям, расположенным севернее профиля 32, что, наиболее вероятно, связано с ранее имевшими место фильтрационными явлениями в прежнем погребенном противофильтрационном экране. В целом по результатам детализирующих съемок ДЭЗ-ВП представилось возможным не только уточнить геометрические параметры зон с аномально повышенной поляризуемостью, но и оценить их пространственную связь с неоднородностью суглинистого экрана и зоной А1 в поле ЕП, предположительно обусловленной фильтрационными процессами.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ФИЛЬТРАЦИИ В СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОВАЛА ТЭЦ-2 г. АЛМАТЫ)**



(1, 2) – области anomalно повышенных значений вызванной поляризации, связанные с зонами фильтрации воды в суглинистых экранах: 1 – действующем, 2 – погребенном; 3 – проекции на дневную поверхность зоны повышенной фильтрации в суглинистом экране по геофизическим данным: (а) подтвержденной, (б) предполагаемой; 3 – содержание углекислого газа в почвенном воздухе: (а) наблюдаемое, (б) тренд

Рисунок 4. Профили 12, 22 и 59,5. Локализация выявленных зон фильтрации в суглинистом экране на глубине 1 м по данным ДЭЗ-ВП с заверкой атмогеохимической съёмкой

Решение вопроса о связи аномалий естественного поля и вызванной поляризации с повышенной водопроницаемостью противofильтрационного экрана получено на основе данных атмогеохимической съёмки по профилям 12, 20, 22, 24, 26 и 32. По anomalно повышенному содержанию CO₂ в почвенном воздухе (при фоновых значениях порядка 0,02–0,03 %) определены области с повышенной газопроницаемостью. При этом максимальные значения CO₂ (2,5–4,7 %) установлены по профилю 12 в интервале ПК 345–370. Далее на север значения максимального содержания CO₂ в почвенном воздухе существенно (практически в 50 раз) снижаются вплоть до 0,8 % в anomalной зоне по профилю 22 и до 0,5 % по профилю 24. С учетом [8], где отмечена пропорциональная зависимость газо- и водопроницаемости для различных типов глинистых пород, полученные эффекты можно объяснить повышенной водопроницаемостью суглинистого экрана.

Характерной особенностью газопроницаемых зон является их приуроченность к областям с повышенной поляризуемостью, что свидетельствует о правомочности интерпретации последних как обусловленных локальными (в сечении профилей) зонами с повышенной водопроницаемостью.

Для заверки выявленных зон с повышенной поляризуемостью и газопроницаемостью в различных частях anomalной зоны А1 пройдены выработки, вскрывшие суглинистый экран (рисунок 5), отображены пробы и определены в них содержание золошлаков, влажность и плотность.



Темные пятна в кровле суглинистого экрана – остатки струй фильтровавшейся золы, светло-серые – суглинок без признаков присутствия золы

Рисунок 5. Профиль 12, ПК370. Результаты заверки anomalных зон с повышенной поляризуемостью и газопроницаемостью

Результаты заверки подтвердили геофизические данные о наличии и положении в разрезе участков с повышенной фильтрацией воды в противofильтрационном экране.

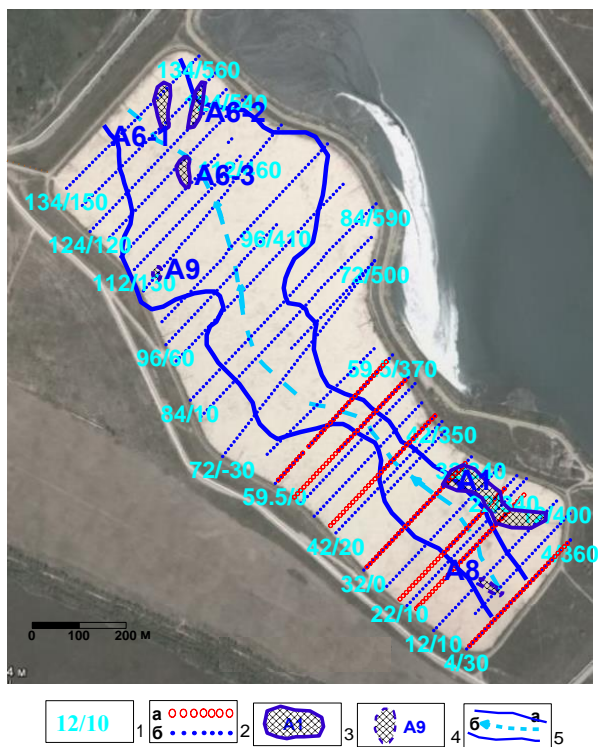
Фильтрационная обстановка на экспериментальном участке по геофизическим данным

На рисунке 6 приведена схема расположения локальных участков с повышенной фильтрацией воды в противofильтрационном экране золоотвала с использованием данных ЕП и детализационных работ методом ДЭЗ-ВП по уточнению природы геофизических аномалий после выемки золы.

Основные зоны повышенной водопроницаемости локализуются в восточной прибортовой части дамбы золоотвала – зона А1 и группа зон А6-1, 2, 3 по палеоруслу реки Каргалинка. Группа зон А 6-1, 2, 3 входят в anomalную зону ЕП (А6), которая по данным ДЭЗ-ВП существенно неоднородна по водопроницаемости и состоит из трех локальных участков с общим северным простиранием.

Существенно меньшие размеры имеют зоны А8 и А9, расположенные в юго-западной (А8) и западной (А9) частях дамбы золоотвала, и без явных признаков фильтрационных процессов в поле ЕП они отнесены к предположительно связанными с фильтрационными процессами в суглинистом теле противofильтрационного экрана.

**ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН ФИЛЬТРАЦИИ В СУГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ
(НА ПРИМЕРЕ ЗОЛОТОВАЛА ТЭЦ-2 г. АЛМАТЫ)**



1 – номера профилей (числитель - номер в десятках м, знаменатель – пикет, м); 2 – профили съемки методом ДЭЗ-ВП: (а) до выемки золы, (б) после выемки золы; (3, 4) – зоны с повышенной фильтрацией воды в противодиффузионном экране, выделенные по поляризуемости : 3 – контрастной аномалией; 4 – менее контрастной аномалией; 5 – р. Каргалинка: (а) долина, (б) русло

Рисунок 6. Схема расположения локальных участков повышенной фильтрации воды в противодиффузионном экране по электроразведочным данным

Составленная схема в целом позволила определить области А6-1, 2, 3, А8 и А9 золоотвала для первоочередного детального изучения и уточнения северной границы повышенной водопроницаемости в зоне А1. Обязательным условием для такого изучения подобных объектов является предварительная выемка золы с остаточной её мощностью порядка 1–1,5 м, обеспечит детальное изучение суглинистого

ЛИТЕРАТУРА

1. Барац, Н.И. Механика грунтов: Учебное пособие / Н.И. Барац. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2008. – 106 с.
2. Рекомендации по методике прогноза изменения строительных свойств структурно неустойчивых грунтов при подтоплении / ПНИИИС, научн.ред. Р.С. Зянгиоров.– М.: Стройиздат, 1984. – 156 с.
3. Климентов, П.П. Методика гидрогеологических исследований: Учебник для геологоразведочных и горных вузов и факультетов / П.П. Климентов, В.М. Кононов . – М.: Высш. школа, 1978. – 408 с.
4. Огильви, А.А. Основы инженерной геофизики / А.А. Огильви. – М.: Недра, 1990. – 501 с.
5. Методы геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Недра, 1985.
6. Семенов, А.С. Электроразведка методом естественного электрического поля. 3-е изд., перераб. и доп. / А.С. Семенов – Л.: Недра, 1980. – 446 с.
7. Комаров, В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации – Л.: Недра, 1980 – 390 с.
8. Гольдберг, В.М. Проницаемость и фильтрация в глинах / В.М. Гольдберг, Н.П. Скворцов. – М.: Недра, 1986. – 160 с.
9. РСН 64-87. Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка. – Введ. 1998.01.01, актуал. 2011.17.06. – М.: Госстрой РСФСР.
10. Инструкция по электроразведке / ред. Рейхерт Л.А. – Л.: Недра, 1984 – 534 с.
11. Селюков, Е.И. Краткие очерки практической микрогеодинамики / Е.И. Селюков, Л.Т. Стигнеева. – СПб.: Питер, 2010. – 176 с.

экрана и получение достоверных данных по особенностям его фильтрующих свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена геофизическая технология для выявления зон фильтрации в суглинистых грунтах с использованием расширенного набора изучаемых информативных параметров: ЕП, ВП, содержание CO₂ в почвенном воздухе. Применение этой технологии на экспериментальном участке (золоотвал № 1, секции № 1 ТЭЦ-2 г. Алматы) привело к следующим видам:

1. Аномальные эффекты естественного электрического поля позволяют выявить зоны, связанные с фильтрационными процессами и получить общую характеристику фильтрационной обстановки на участке.

2. Пространственная взаимосвязь параметров поляризуемости и газопроницаемости с зонами пониженных значений потенциала естественного электрического поля обусловлена нисходящей фильтрацией воды в суглинистом экране. Это создает возможность разбраковки аномальных зон естественного электрического поля, что существенно повышает достоверность и информативность геофизических данных при выявлении и локализации зон нисходящей фильтрации воды в суглинистых грунтах.

3. Наличие и положение зон с повышенной фильтрацией воды в противодиффузионном экране, выявленные с применением опробованного комплекса параметров подтверждены горными выработками (канавами) и результатами анализа проб суглинки.

4. Составленная схема расположения локальных участков повышенной фильтрации воды в противодиффузионном экране может служить основой для принятия организационно-технических решений по устранению фильтрации воды.

5. Аналогичные работы могут быть проведены в местах размещения других ответственных объектов, возведенных на осадочных суглинистых породах, в том числе, объектов атомной энергетики.

12. Рябоштан, Ю.С. Инженерно-технические изыскания и проектирование фундаментов в Донбассе / Ю.С. Рябоштан // в сб. «Тезисы докладов научно-технической конференции». – М., 1983.
13. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 191 с.

**ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕР БОЙЫНША САЗДАҚ ТОПЫРАҚТАРДА СҮЗІЛУ ЗОНАЛАРЫН
АНЫҚТАУ (АЛМАТЫ Қ. ЖЭЦ-2 КҮЛҮЙІНДІСІНІҢ МЫСАЛЫНДА)**

**В.Н. Шайторов, М.В. Ефремов, В.А. Мариненко, А.К. Жолдыбаев, Н.Н. Кушербаева,
М.В. Шульга, В.П. Шевченко, Е.М. Максимов**

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Зерделенетін ақпараттаушы параметрлердің сандарын кеңейту негізінде саздақ топырақтарда сүзілу зоналарын анықтау кезіндегі геофизикалық деректердің шынайлығын арттыру мүмкіндіктерін зерттеудің нәтижелері келтірілген. Әдетте пайдаланылатын табиғи электр өрісінен (ТӨ) басқа поляризациялану және газ өткізгіштік келтірілген. Алматы қ. №1 ЖЭЦ-2 күлүйіндісіндегі сүзілудің жергілікті орындарын анықтау мысалында жетілдірілген технологияның тиімділігі көрсетілген.

**IDENTIFICATION OF FILTRATION ZONES IN LOAMY GROUND BASED ON GEOPHYSICAL DATA
(AT THE EXAMPLE OF CINDER DUMP OF CHP-2 PLANT IN ALMATY)**

**V.N. Shaytorov, M.V. Efremov, V.A. Marinenko, A.K. Zholdybayev, N.N. Kusherbayeva,
M.V. Shulga, V.P. Shevchenko, E.M. Maksimov**

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The authors presented results of the research of opportunities to increase the truthfulness of geophysical data when identifying filtration zones in loamy ground based on the expansion of a number of studied informational parameters. Besides the traditionally used natural self-potential (SP), polarization ability and gas permeability were engaged. The efficiency of improvement of technologies was demonstrated at the example of identifying local filtration places in the cinder dump No.1 of CHP-2 plant in Almaty.