

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ, ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 504.064.47: 550.837.3

DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-168-180

*Е.А. ШАБАНОВ, С.М. ПРОСТОВ, О.В. ГЕРАСИМОВ,
Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева*

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Объектом исследования являются загрязненные нефтепродуктами грунтовые основания зданий и сооружений, глинистые грунты.

Цель исследования – обоснование оперативного электрофизического метода контроля процессов загрязнения и очистки грунтов от нефтепродуктов и установление закономерностей изменения свойств грунтового массива при электрохимической обработке для определения рациональных режимов обработки.

Исследования проведены на экспериментальной лабораторной установке, включающей двухэлектродную схему электрообработки искусственно загрязненного грунта, оборудованную системой микродатчиков удельного электросопротивления. Для определения физико-механических свойств грунтов использовались традиционные методы лабораторных испытаний. Рассмотрена возможность контролируемой очистки грунтов электрохимическим методом с использованием системы непрерывного оперативного геофизического мониторинга.

Экспериментально подтверждено изменение физических свойств загрязненных грунтов при воздействии на массив электрического тока. На объемной физической модели установлено явление коагуляции нефтепродуктов в порах грунта при электрообработке, приводящее к увеличению крупности песчаных и глинистых компонентов и взаимосвязанное с изменениями электросопротивления грунта. Приведено сравнение физических процессов, протекающих в чистом и загрязненном грунтовым массиве при обработке. Установлено, что при пропускании электрического тока через загрязненные грунты нефтепродукты в порах переходят в твердое связанное менее токсичное состояние, что приводит к изменению удельного электросопротивления грунта на всем протяжении зоны обработки. Эту закономерность целесообразно использовать для контроля процессов дезактивации загрязненных грунтов.

Ключевые слова: основания зданий и сооружений; загрязнение; нефтепродукты; глинистые грунты; удельное электросопротивление; гранулометрический состав.

Для цитирования: Шабанов Е.А., Простов С.М., Герасимов О.В. Лабораторные исследования процессов электрохимической очистки грунтов в основаниях эксплуатируемых зданий и сооружений от нефтепродуктов // Вестник

Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019.
Т. 21. № 4. С. 168–180.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-168-180

*E.A. SHABANOV, S.M. PROSTOV, O.V. GERASIMOV,
Kuzbass State Technical University*

IN VITRO STUDIES OF ELECTROCHEMICAL PURIFICATION OF FOUNDATION SOIL FROM OIL PRODUCTS

Purpose: The aim of this work is the operational electrophysical method of the control for contamination and purification of soil from oil products and the identification of changes in the soil properties in electrochemical processing to determine rational modes of processing. **Methods:** Investigations are performed on the laboratory setup including the two-electrode scheme of electric treatment of the artificially polluted soil. The setup is equipped with a system of micro sensors of specific electrical resistance. Traditional laboratory tests are used to determine the physical and mechanical properties of soils. The possibility of control for soil purification by electrochemical method using a system of continuous operational geophysical monitoring is considered. **Results:** Changes in the physical properties of contaminated soils are experimentally confirmed when exposed to the electric current. A physical model is created for coagulation of oil products in pores during the electrical processing. It increases the amount of sand and clay components with changes in the electrical resistance of soil. The physical processes in the clean and polluted soil are compared. It is shown that when electric current passes through contaminated soils, oil products in pores transfer to a solid, less toxic state, which leads to a change in the specific electrical soil resistance throughout the zone processed. This pattern should be used to control soil decontamination.

Keywords: soil foundation; contamination; oil products; clay soils; electrical resistivity; particle size distribution.

For citation: Shabanov E.A., Prostov S.M., Gerasimov O.V. Laboratornye issledovaniya protsessov elektrokhimicheskoi ochistki gruntov v osnovaniyakh ekspluatiruemykh zdaniy i sooruzhenii ot nefteproduktov [In vitro studies of electrochemical purification of foundation soil from oil products]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2019. V. 21. No. 4. Pp. 168–180.
DOI: 10.31675/1607-1859-2019-21-4-168-180

Введение

Строительство – это отрасль народного хозяйства, нуждающаяся в большом количестве различных строительных материалов, сырья, водных, энергетических и других ресурсов, получение которых оказывает сильное воздействие на окружающую природную среду [1–3]. В частности, работа принадлежащих отрасли предприятий по переработке сырья и изготовлению деталей, изделий и конструкций, а также деятельность строительно-монтажных организаций, непосредственно ведущих работы на строительных площадках и оснащенных большим количеством разнообразной строительной техники и транспортными машинами, ведет к отрицательным экологическим последствиям [4–7]. При работе различных машин и механизмов происходят многочисленные утечки нефтепродуктов (жидкого горючего, смазочных материалов и т. д.) в грунты непосредственно на площадке строительства и вне ее. Большая часть нефтепро-

дуктов попадает в основания зданий и сооружений, дорог, а также в грунты прилегающей территории, подлежащей благоустройству [8–10].

Природная нефть не является токсичным веществом, хотя разливы нефти при авариях трубопроводов и добычных скважин приводят к угнетению и последующей гибели некоторых живых организмов. Большую опасность представляют продукты промышленной переработки нефти – бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, машинные и технические масла. Нефтепродукты содержат ароматические углеводороды (бензин, керосин, дизельное топливо до 20 %, автомобильные масла до 40 %), хорошо растворяющиеся в грунтовых водах (наибольшей растворимостью отличаются бензол, толуол, ксилол). Кроме того, высокооктановые бензины и минеральные масла (особенно отработанные) содержат до 20 % различных добавок, растворителей и тяжелых металлов, относящихся к токсичным и отравляющим веществам. Нефтепродукты отнесены к классу маркерных и подлежат экологическому контролю [11].

Загрязнение нефтепродуктами является опасным для жизни и здоровья человека, а также для жизнедеятельности растений и животных.

Существуют различные способы очистки загрязненных грунтов [12, 13]. Самый простой и экономичный способ очистки – это извлечение загрязненного грунта из массива, но поскольку возможность извлечь грунт из сооружения есть не всегда, очень перспективным с этой точки зрения является электрохимический способ очистки грунтов, т. к. с помощью этого метода возможно проводить дезактивацию загрязненных грунтов непосредственно под строящимися и эксплуатируемыми зданиями, сооружениями, дорогами и благоустроенными территориями без извлечения грунта.

На данный момент не изучены методы контроля процессов загрязнения и очистки грунтов от нефтезагрязнений и не исследованы закономерности изменения свойств грунтов при электрохимической обработке, не обоснованы ее рациональные параметры [14–16].

Целью исследования является изучение методов контроля процессов загрязнения и очистки грунтов от нефтепродуктов и установление закономерностей изменения свойств грунтов при электрохимической обработке, обоснование рациональных параметров обработки.

Методы исследования

Для выявления закономерностей изменения физических свойств грунта при загрязнении и очистке были проведены лабораторные исследования на объемной физической модели. Она представляла собой участок зоны электрохимической обработки с реальными поперечными размерами электродов и расстоянием между ними в горизонтальном сечении (рис. 1).

В качестве исследуемой среды применялся уплотненный суглинок, смешанный с помощью миксера с нефтепродуктом. Концентрация нефтезагрязнителя соответствовала практически возможной при постепенном периодическом загрязнении или при разливе нефти в результате аварии. Таким образом, все физические параметры модели не отличались от соответствующих параметров природы.

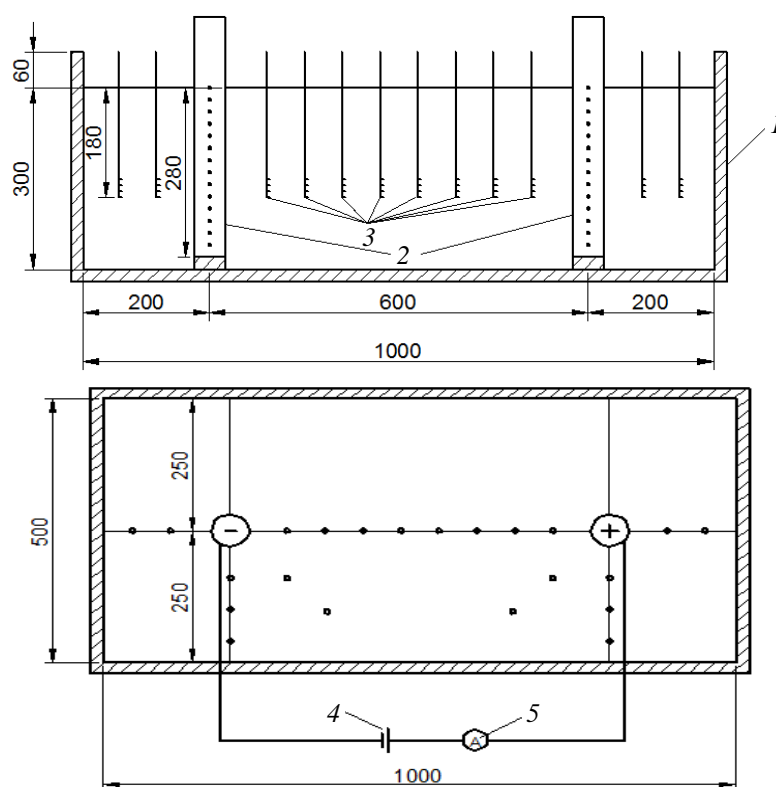


Рис. 1. Схема экспериментальной трехмерной модельной установки:

1 – емкость (ванна); 2 – электроды-инъекторы; 3 – датчики-микрозонды; 4 – питающая установка (два последовательно включенных источника питания постоянного электрического тока Б5-50); 5 – амперметр

Емкость с размерами 1000×500×360 мм изготовлена из непроводящего электрический ток материала (ламинированной влагостойкой фанеры), гидроизолирована полиэтиленовой пленкой и заполнена суглинком. В грунт на глубину 300 мм погружены электроды-инъекторы – перфорированные стальные электросварные трубы с внутренним диаметром 51 мм, заглушенные внизу деревянной заглушкой (рис. 2).

Методика эксперимента включала измерение истинного удельного электросопротивления (УЭС) загрязненного грунта с помощью описанных выше датчиков-микрозондов, погруженных в грунт на глубину 180 мм. Общее количество датчиков – 22. Электрическое поле в модели создавалось стабилизированным блоком питания Б5-50 с напряжением $U = 50\text{--}300$ В при силе тока до 0,6 А.

Физическое моделирование процессов электрохимической обработки грунтов на объемной модели производилось в две стадии. На первой стадии эксперимента была произведена параллельная обработка грунта в двух емкостях. В первую был загружен чистый суглинок массой 260 кг, перемешанный с водой (52 кг), а во вторую был загружен суглинок массой 250 кг, перемешанный с водой (47 кг) и отработанным маслом – нефтезагрязнителем (8,1 кг).



Рис. 2. Экспериментальная установка:

1 – емкость (ванна); 2 – электроды-инъекторы; 3 – датчики-микрозонды; 4 – питающая установка – источник питания постоянного электрического тока В5-50; 5 – каротажный прибор КП-2

Графики изменения относительного УЭС ρ/ρ_0 по основной оси электрообработки на различных ее стадиях приведены на рис. 3 и 4.

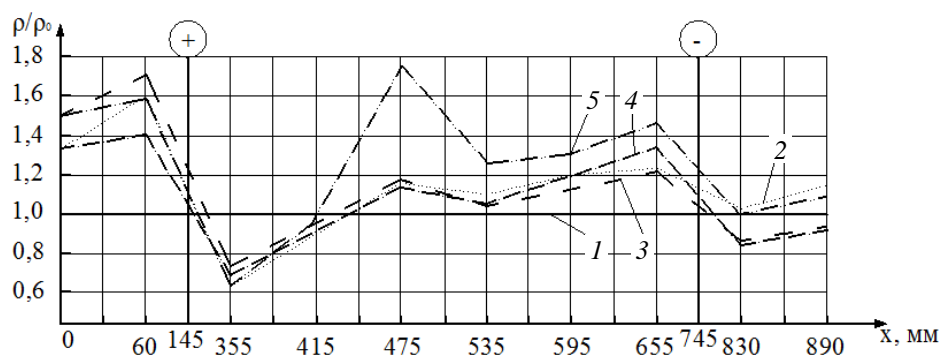


Рис. 3. Изменение УЭС чистого грунта при электрообработке:

1 – начало обработки; 2 – токорасход $I \cdot t = 3,6$ А·ч; 3 – 6 А·ч; 4 – 13,5 А·ч; 5 – 22,5 А·ч

Из приведенных результатов эксперимента следует, что электроосмотические процессы в приэлектродных областях при обработке чистого и загрязненного нефтепродуктом грунта взаимосвязаны и имеют при этом существенные отличия, обусловленные различием электропроводящих свойств водного раствора (низкое УЭС) и машинного масла (диэлектрик):

– у чистого грунта (рис. 3) происходит поступательное перемещение влаги от катода к аноду, сопровождающееся снижением УЭС в зоне скопления влаги и увеличением УЭС в зоне электроосушения, при этом прианодная зона осушения по протяженности превышает зону влагонасыщения, формиро-

вание указанных зон происходит достаточно быстро, через 30–35 А·ч с момента начала электрообработки;

– в загрязненном грунте (рис. 4) зафиксирован волнообразный характер изменения УЭС, связанный с тем, что вязкость нефтепродукта значительно выше, чем водного раствора; при этом положительные пики УЭС, соответствующие преобладанию в порах нефтепродукта, и отрицательные, соответствующие преобладанию водного раствора, в ходе обработки становятся более контрастными и перемещаются в зону анода; в катодной области при оттоке влаги УЭС меняется незначительно, что указывает на преобладающее влияние изоляции минеральных зерен грунта масляной пленкой.

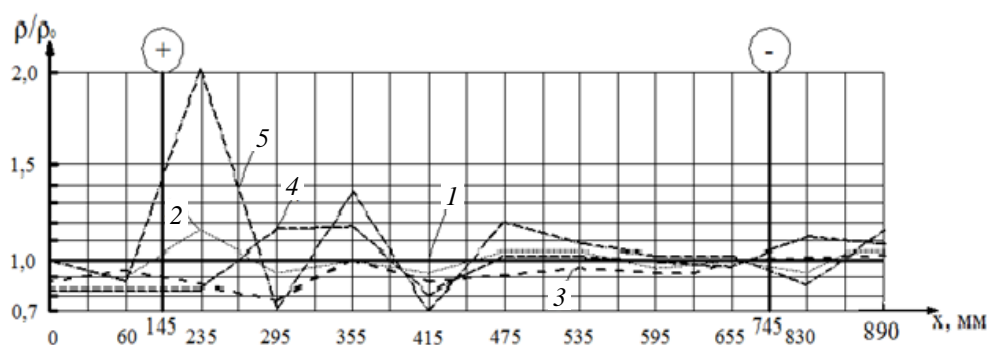


Рис. 4. Изменение УЭС загрязненного отработанным маслом ShellHelixUltra грунта при электрохимической обработке:

1 – начало обработки; 2 – токорасход $I \cdot t = 10$ А·ч; 3 – 30,3 А·ч; 4 – 50,7 А·ч; 5 – 65,1 А·ч

Гидродинамические процессы в приэлектродных областях характеризуются круговыми диаграммами УЭС, приведенными на рис. 5 и 6.

Установлены следующие особенности формирования приэлектродных объемных зон: $I \cdot t$, А·ч:

– вокруг анода в чистом грунте наблюдается асимметрия УЭС, зона скопления влаги с $\rho/\rho_0 = 0,6–0,7$ соответствует круговому сектору в диапазоне $\Delta\varphi = 90–120^\circ$, с бокового и обратного направления зафиксирован отток жидкости; непосредственно вблизи электрода-катода формируется зона термического осушения грунта ($r = 90$ мм), по мере удаления от оси электрода анизотропия УЭС значительно сглаживается;

– в загрязненном грунте в прикатодной зоне не зафиксировано ярко выраженного слоя термического осушения, в остальной структура данной зоны не отличается от чистого грунта; в прианодном объеме сектор скопления нефтепродукта достигает $\Delta\varphi = 180^\circ$.

Временной характер описанных выше процессов в приэлектродных областях на основной оси обработки характеризуется графиками зависимостей относительного УЭС ρ/ρ_0 в характерных точках массива от токорасхода $I \cdot t$, приведенными на рис. 7.

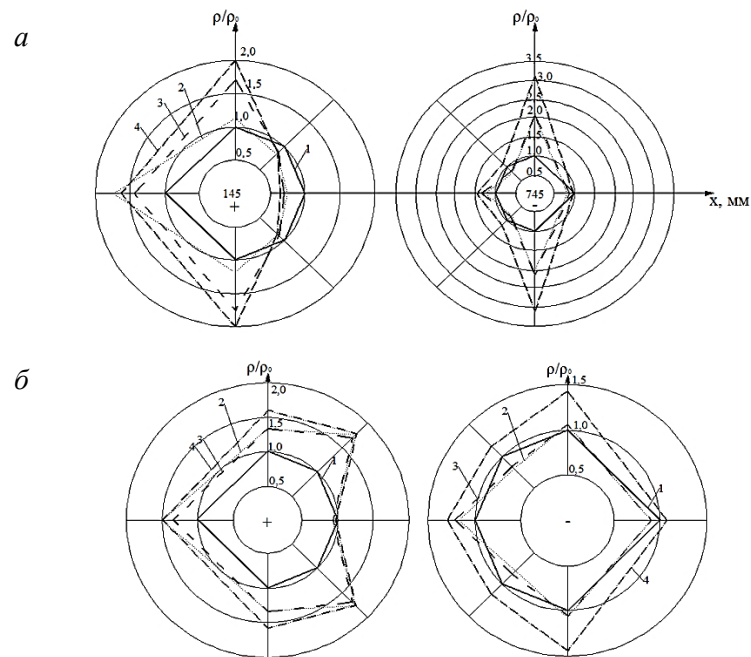


Рис. 5. Круговые диаграммы изменения УЭС чистого грунта при электрохимической обработке при $r = 90$ мм (а) и $r = 150$ мм (б):

1 – начало обработки; 2 – токорасход $I \cdot t = 6$ А·ч; 3 – 13,5 А·ч; 4 – 22,5 А·ч

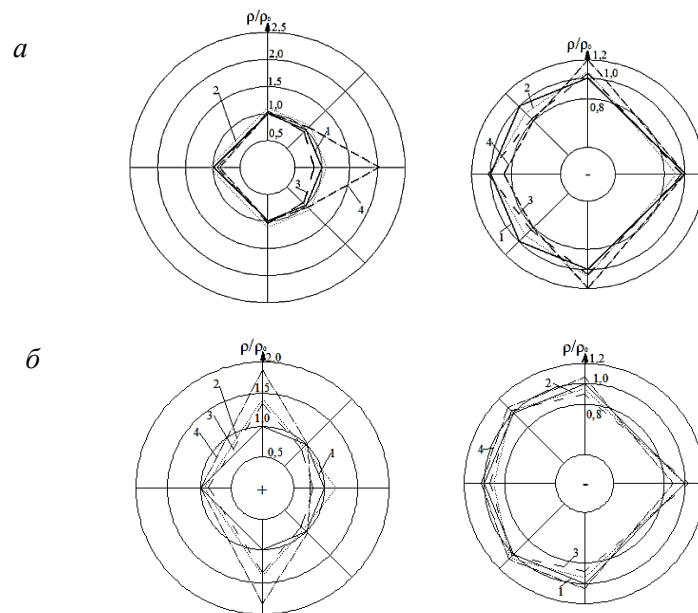


Рис. 6. Круговые диаграммы изменения УЭС загрязненного отработанным маслом грунта при электрохимической обработке при $r = 90$ мм (а) и $r = 150$ мм (б):

1 – начало обработки; 2 – токорасход $I \cdot t = 21,3$ А·ч; 3 – 30,3 А·ч; 4 – 65,1 А·ч

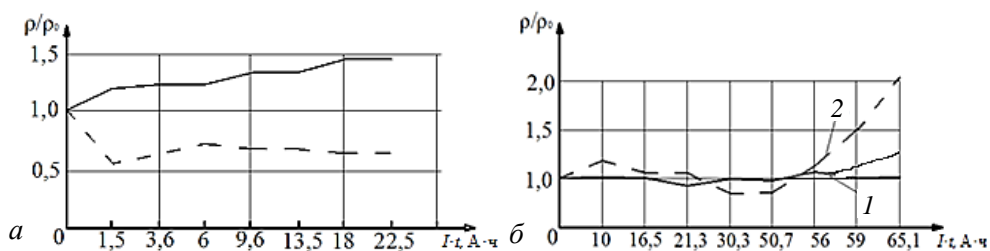


Рис. 7. Изменение УЭС чистого (а) и загрязненного отработанным маслом ShellHelixUltra (б) грунта при электрохимической обработке:

1 – на датчике № 1 около отрицательного электрода; 2 – на датчике № 8 около положительного электрода

Результаты исследований физических свойств грунтов до и после обработки массива приведены в табл. 1, а гранулометрического состава грунта – в табл. 2.

Таблица 1

Изменение физических параметров грунта в результате электрообработки

Номер ванны, расположение пробы	Характеристики (до/после обработки)		
	Влажность, %	Плотность во влажном состоянии, г/см ³	Плотность в сухом состоянии, г/см ³
№ 1 на +электроде	35,3/28,1	2,38/2,22	1,76/1,728
№ 1 в середине	35,2/30,1	2,33/2,2	1,73/1,694
№ 1 на –электроде	35,2/29,6	2,14/2,01	1,58/1,55
№ 2 на +электроде	39,4/29,1	2,51/2,28	1,8/1,766
№ 2 в середине	39,4/31,3	2,48/2,23	1,78/1,746
№ 2 на –электроде	39,4/28,8	2,44/2,22	1,75/1,72

Таблица 2

Изменение гранулометрического состава грунта в результате электрообработки

Номер ванны, расположение пробы	Содержание фракций (мм), % (до/после обработки)				
	2	0,5	0,25	0,1	< 0,1
№ 1 на +электроде	8,8/12,0	33,3/36,0	17,5/15,0	19,2/19,0	21,2/18,0
№ 1 в середине	8,8/9,8	33,3/34,1	17,5/16,2	19,2/23,0	21,2/16,9
№ 1 на –электроде	8,8/9,5	33,3/37,2	17,5/15,7	19,2/22,0	21,2/15,6
№ 2 на +электроде	8,8/6,1	33,3/41,8	17,5/15,8	19,2/31,2	21,2/5,1
№ 2 в середине	8,8/7,3	33,3/38,2	17,5/16,3	19,2/26,2	21,2/12,0
№ 2 на –электроде	8,8/8,6	33,3/43,7	17,5/14,5	19,2/24,8	21,2/8,4

Динамика изменения гранулометрического состава грунта в межэлектродном пространстве на конечной стадии обработки отражена графиками на рис. 8.

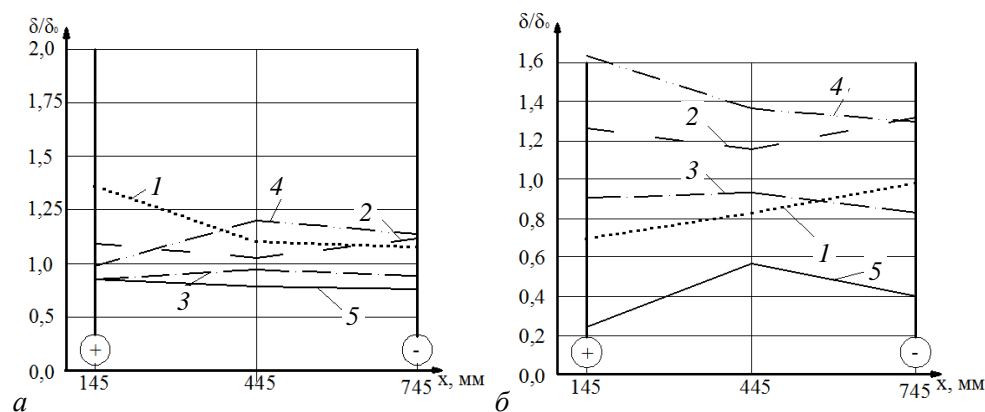


Рис. 8. Изменение гранулометрического состава чистого (а) и загрязненного (б) грунта при электрохимической обработке:

1 – фракция 2 мм; 2 – 0,5 мм; 3 – 0,25 мм; 4 – 0,1 мм; 5 – < 0,1 мм

Из данных табл. 1 следует, что в обоих грунтах при электрообработке происходит химическое связывание влаги и нефтепродукта, что приводит к общему снижению влажности грунта на 5–20 % и снижению его плотности на 2–10 % как во влажном, так и в сухом состоянии.

Весьма существенные изменения установлены в гранулометрическом составе грунта:

- в чистом грунте только в анодной зоне установлено резкое снижение содержания фракции менее 0,1 мм и увеличение фракции 2,0 мм;

- в загрязненном грунте на всем протяжении зоны обработки происходит увеличение размера частиц с переходом фракции < 0,1 мм в диапазон 0,1–0,5 мм вследствие процессов коагуляции масла, слипания мелких частиц, при этом вероятен переход нефтепродукта из жидкого состояния в твердое, которое считается менее токсичным и менее экологически вредным.

После прекращения обработки током было произведено извлечение грунта из емкостей со снятием слоями высотой от 4 до 6 см, при этом производили фотофиксацию и сопоставляли полученные данные электромониторинга с фактическим состоянием грунта. Основные результаты визуального осмотра:

- около катода и анода на поверхности грунта появились трещины с глубиной около катода до 8 см, у анода – до 17 см (рис. 9, а);

- грунт около катода рыхлый и легко крошится, а возле анода – прочный и не осыпается в перфорационные отверстия электрода;

- грунт около анода по всей глубине имеет характерный серый отблеск и отличается по цвету (рис. 9, б).

В зоне катода грунт желто-коричневого цвета, схож с естественным цветом глины, а у анода – темно-серого и темно-коричневого цвета.

Результаты исследования

При сравнении результатов визуального анализа фактического состояния грунта на глубине установки датчиков (рис. 9, в) с данными, полученными электрофизическим методом, установлено, что на катоде после обработки

величина УЭС меньше первоначальной, и именно на этом электроде происходило скопление растворителя. На аноде в этот момент величина УЭС возросла более чем в 2 раза, что также соответствует фактическому состоянию грунта, т. к. его цвет совпадает с цветом загрязнителя. За счет движения жидкости в прикатодной зоне произошла промывка этой зоны, вследствие этого она приобрела более естественный оттенок. На аноде движение и разжижение нефтепродуктов произошло менее интенсивно, и это повлияло на остаточное загрязнение нефтепродуктом.

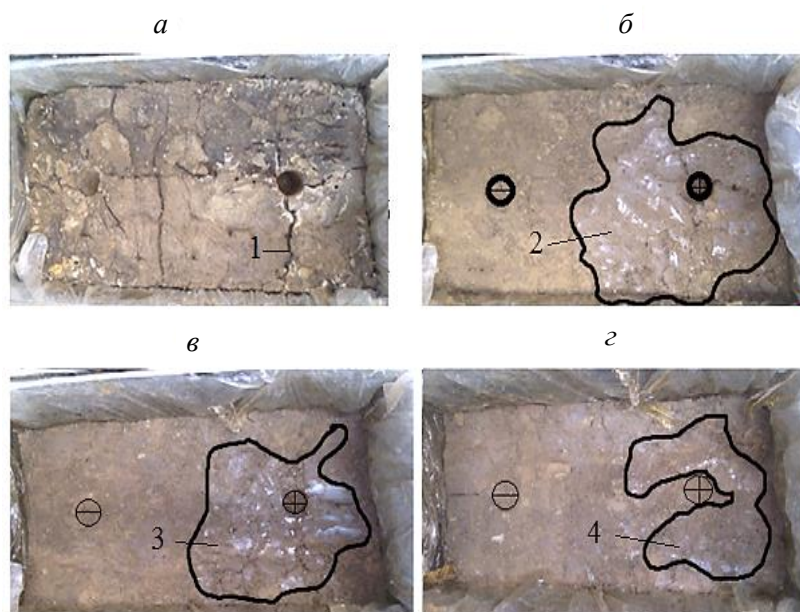


Рис. 9. Результаты визуального послойного осмотра грунта после электрохимической обработки:

а – верхний слой грунта; *б* – грунт на глубине 8 см; *в* – грунт на глубине установки датчиков; *г* – нижний слой грунта; 1 – трещины в грунте; 2 – серый отблеск глинистого массива; 3 – зона грунта с темно-серым отблеском на глубине установки датчиков; 4 – зона остаточного загрязнения

Дополнительно были изучены образцы грунта под электродами на контакте с гидроизолирующей пленкой на дне ванны, т. к. эта зона могла послужить местом скопления жидкостей. Было обнаружено, что под катодом грунт содержит отдельные вкрапления нефтепродукта, а под анодом образец покрыт сплошной пленкой нефтепродукта.

Дополнительное введение в электроды-инъекторы активного вещества-растворителя *n*-Гексан приводит к разжижению нефтепродукта и его перемешиванию в порах с естественной влагой, что нарушает монотонность процессов изменения УЭС в прикатодной области, где происходит дополнительное скопление жидкого нефтепродукта, и замедляет интенсивность уплотнения грунта в прианодной области. Особенно резко это проявляется при грунтах, загрязненных более вязким отработанным маслом.

Таким образом, результаты измерения УЭС и определения физических характеристик грунта были в целом подтверждены результатами визуального осмотра при извлечении обработанного электрохимическим способом грунта.

Заключение

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- при пропускании электрического тока и воздействии его на нефтепродукты в порах грунта они переходят в твердое связное менее токсичное состояние, что приводит к увеличению УЭС грунта на всем протяжении зоны обработки, а также к уменьшению влажности;
- в результате электролитического воздействия постоянного тока на загрязненный массив происходит образование твердых частиц и слипание этих частиц, что приводит к изменению гранулометрического состава глинистого грунта в сторону увеличения содержания более крупных фракций;
- при обработке грунта электрическим током влажность грунта снижается, а увеличение процентного содержания крупных фракций приводит к снижению плотности грунта как во влажном, так и в сухом состоянии;
- процесс фазового преобразования нефтесодержащего продукта в порах грунта, обусловленный электрической и термической коагуляцией, происходит во всем межэлектродном пространстве.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Снижение экологического ущерба флоре и фауне за счет использования отходов нефтедобычи в производстве теплоизоляционных материалов // Экологическая химия. 2018. Т. 27. № 1. С. 49–58.
2. Величко Е.Г., Цховребов Э.С., Меднов А.Е. Оценка эколого-экономического ущерба, наносимого при проведении строительно-монтажных работ // Жилищное строительство. 2014. № 8. С. 48.
3. Пичугин Е.А. Система управления нефтесодержащими отходами с использованием экологически безопасной технологии их утилизации // Экология и промышленность России. 2014. № 11. С. 32–35.
4. Лобачев Д.А., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С., Пичуров С.Н. Использование золотопластового материала и отходов золоторудного месторождения в производстве керамического кирпича // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4 (16). С. 31–38.
5. Бальзанников М.И., Галицкова Ю.М., Ахrameeva Н.В., Шломов С.В. Оценка загрязнения территории при производстве строительных блоков из газобетона // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 62–66.
6. Вайсман Я.И., Гайдай М.Ф. Разработка технологии консервации террикониов в целях снижения их негативного воздействия на окружающую среду и сохранения ресурсного потенциала // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2016. Т. 15. № 19. С. 175–174.
7. Бальзанников М.И., Галицкова Ю.М., Семенова В.В. Утилизация отходов производства строительных блоков // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 11. С. 32–35.
8. Батракова Л.М., Рудакова Л.В., Нурисламова Т.В. Анализ нормативной базы по вопросу санирования промышленных зон (на примере площадки производства смазочных материалов) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2016. № 2 (22). С. 63–78.
9. Boukharov A., Balashov A., Timohin A., Ivanov A., Holin B. Receiving and use of streams of monodisperse ice granules for cleaning and deactivation of surface // Journal of physics: con-

- ference series «International Conference “Problems of Thermal Physics and Power Engineering”, PTPPE 2017». 2017. P. 012131.
10. Litvinova T.E., Sulimova M.A., Cheremisina O.V. The use of a multifunctional sorbent based on ferromanganese nodules for neutralizing wastewater from oil refineries // International Multidisciplinary Scientific Geoconference Surveying Geology and Mining Ecology Management, Sgem 17, Ecology, Economics, Education and Legislation. 2017. P. 1017–1024.
 11. Королев В.А. Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение. Москва : ООО «Сам полиграфист», 2015. 468 с.
 12. Morozov N.V., Ganiev I.M. Microbiological removal of engine oils from natural water using plant-derived sorbents // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2016. V. 7. № 5. P. 1728–1735.
 13. Шабанов Е.А., Простов С.М., Гуцал М.В. Исследование физических свойств грунтов при электроосмотической обработке // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 1 (107). С. 3–7.
 14. Простов С.М., Шабанов Е.А. Электрофизический мониторинг процессов электроосмотической очистки грунтов от нефтезагрязнений на лабораторных установках // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. №1 (119). С. 3–14.
 15. Prostov S.M., Shabanov E.A. Electrophysical Monitoring of the Processes of Electroosmotic Treatment of Soil from Oil Pollution on Laboratory Installations // Proceedings of the 8th Russian-Chinese Symposium «Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety». Advances in Engineering Research. September. 2016. V. 92. P. 175–183.
 16. Prostov S.M., Shabanov E.A. Diagnostics of Oil Pollution Zones by ElectroPhysical Method // The Second International Innovative Mining Symposium – E3S Web of Conferences 21, 02007 (2017) DOI: 10.1051/e3sconf/20172102007

REFERENCES

1. Abdrahimov V.Z., Abdrahimova E.S. Snizhenie ehkologicheskogo ushcherba flore i faune za schet ispol'zovaniya othodov nefte dobychi v proizvodstve teploizolyacionnyh materialov [Reducing environmental damage to flora and fauna using waste oil in the production of thermal insulation materials]. *Ekologicheskaya khimiya*. 2018. V. 12. No. 1. Pp. 49–58. (rus)
2. Velichko E.G., Chkhovrebov E.H.S., Mednov A.E. Ocenka ehkologo-ehkonomicheskogo ushcherba, nanosimogo pri provedenii stroitel'no-montazhnyh rabot [Assessment of environmental and economic damage caused during construction and installation works]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2014. No. 8. P. 48. (rus)
3. Pichugin E.A. Sistema upravleniya neftesoderzhashchimi othodami s ispol'zovaniem ehkologicheskoi bezopasnoy tekhnologii ih utilizacii [Management system of oily waste using environmentally friendly technology for waste disposal]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2014. No. 11. Pp. 32–35. (rus)
4. Lobachev D.A., Abdrahimov V.Z., Abdrahimova E.S., Pichukurov S.N. Ispol'zovanie zoloshlakovogo materiala i othodov zolotorudnogo mestorozhdeniya v proizvodstve keramicheskogo kirpicha [Ash and slag material and waste gold deposits in ceramic brick production]. *Biosfer-naya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2016. No. 4 (16). Pp. 31–38. (rus)
5. Bal'zannikov M.I., Galickova Yu.M., Ahrameeva N.V., Shlomov S.V. Ocenka zagryazneniya territorii pri proizvodstve stroitel'nyh blokov iz gazobetona [Assessment of territory pollution in aerated concrete production]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2014. No. 6. Pp. 62–66 (rus)
6. Vajsman Ya.I., Gajdaj M.F. Razrabotka tekhnologii konservacii terrikonikov v celyah snizheniya ih negativnogo vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredu i sohraneniya resursnogo potentsiala [Waste pile conservation for environmental protection]. *Vestnik Permskogo Nacional'nogo Issledovatel'skogo Politehnicheskogo Universiteta. Geologiya. Neftgazovoe i gornoe Delo*. 2016. V. 15. No. 19. Pp. 175–174. (rus)
7. Bal'zannikov M.I., Galickova Yu.M., Semenova V.V. Utilizaciya othodov proizvodstva stroitel'nyh blokov [Recycling production of building blocks]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2015. V. 19. No. 11. Pp. 32–35. (rus)

8. Batrakova L.M., Rudakova L.V., Nurislamova T.V. Analiz normativnoj bazy po voprosu sanirovaniya promyshlennyh zon (na primere ploshchadki proizvodstva smazочnyh materialov) [Analysis of regulatory framework for rehabilitation of industrial areas (lubricant production site)]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ehkologiya. Urbanistika*. 2016. No. 2 (22). Pp. 63–78. (rus)
9. Boukharov A., Balashov A., Timohin A., Ivanov A., Holin B. Receiving and use of streams of monodisperse ice granules for cleaning and deactivation of surface. *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. Pp. 012131.
10. Litvinova T.E., Sulimova M.A., Cheremisina O.V. The usage of a multifunctional sorbent based on ferromanganese nodules for neutralizing wastewater from oil refineries. *International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM*. 2017. Pp. 1017–1024.
11. Korolev V.A. Teoriya ehlektropoverhnostnyh yavlenij v gruntah i ih primeneniye [Theory of electro-surface phenomena in soils and their application]. Moscow: Sam poligrafist, 2015. 468 p. (rus)
12. Morozov N.V., Ganiev I.M. Microbiological removal of engine oils from natural water using plant-derived sorbents. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. V. 7. No. 5. Pp. 1728–1735.
13. Shabanov E.A., Prostov S.M., Gucal M.V. Issledovanie fizicheskikh svoystv gruntov pri ehlektroosmoticheskoy obrabotke [Investigation of physical properties of soils during electroosmotic treatment]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015. No. 1 (107). Pp. 3–7. (rus)
14. Prostov S.M., Shabanov E.A. Elektrofizicheskij monitoring processov ehlektroosmoticheskoy ochistki gruntov ot neftezagryaznenij na laboratornyh [Electrophysical monitoring of electroosmotic soil cleaning from oil products]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2017. No. 1 (119). Pp. 3–14. (rus)
15. Prostov S.M., Shabanov E.A. Electrophysical Monitoring of the processes of electroosmotic treatment of soil from oil pollution on laboratory installations. *Proc. 8th Russ.-Chinese Symp. "Coal in the 21st Century: Mining, Processing, Safety". Ser. Advances in Engineering Research*. 2016. V. 92. Pp. 175–183.
16. Prostov S.M., Shabanov E.A. Diagnostics of oil pollution zones by electro-physical method. *E3S Web of Conferences 21. Proc. 2nd Sci. Conf. 'International Innovative Mining Symposium'*. 2017. P. 02007. DOI: 10.1051/e3sconf/20172102007.

Сведения об авторах

Шабанов Евгений Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, evgenshab@mail.ru

Простов Сергей Михайлович, докт. техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, psm.kem@mail.ru

Герасимов Олег Васильевич, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, gerasimov@noocentr.com

Authors Details

Evgenii A. Shabanov, PhD, A/Professor, Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyya Str., 650000, Kemerovo, Russia, evgenshab@mail.ru

Sergei M. Prostov, DSc, Professor, Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyya Str., 650000, Kemerovo, Russia, psm.kem@mail.ru

Oleg V. Gerasimov, PhD, A/Professor, Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyya Str., 650000, Kemerovo, Russia, gerasimov@noocentr.com