

ШАБАНОВ Е. А., ПРОСТОВ С. М., ГУЦАЛ М. В.
ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГРУНТОВ
НА ОДНОМЕРНОЙ МОДЕЛИ

КузГТУ, г. Кемерово

В настоящее время промышленные регионы страны столкнулись с проблемой загрязнения грунтов в результате деятельности промышленных предприятий. В качестве загрязнителей могут выступать тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты, цианиды, хлорорганические соединения, радионуклиды. Концентрация загрязнителей может в сотни раз превышать ПДК.

Из существующих методов очистки грунтов от промышленных загрязнителей потенциально перспективным является электрохимический метод [1]. Его отличительной особенностью является возможность применения для грунтов с низкой фильтрационной способностью непосредственно на месте загрязнения без выемки и перемещения грунта. Актуальной представляется проблема развития контролируемых методов очистки грунта от загрязнителя, поскольку контроль изменения свойств обрабатываемой зоны позволяет своевременно корректировать технологический режим и оптимизировать затраты [2]. В частности, интенсивность электрохимической очистки регулируют величиной плотности пропускаемого электрического тока, а в случае комбинирования электрохимического способа с биологическими, контролируют температуру зоны обработки. Для повышения эффективности применения методов очистки необходима разработка производительных и малотрудоемких способов геоконтроля, обеспечивающих определение геометрических параметров и обоснование оптимальных режимов обработки зоны очистки. В наибольшей мере решению данных задач способствует развитие способов геоэлектрического контроля, основанных на связи параметров электрических полей с физическими свойствами и вещественным составом грунтов.

Для дальнейшего анализа процесса электрохимической обработки загрязненных грунтов необходимы сведения о электрофизических и электрохимических свойствах природных водных растворов и жидкостей, содержащих загрязняющие вещества, насыщающих грунты. Нами были проведены экспериментальные исследования электрических свойств растворов электролитов, содержащих нефтепродукты, с измерением на постоянном и переменном электрическом токе. На рис. 1. представлены результаты измерений удельного электросопротивления ($УЭС$) $\rho_{Э}$ раствора NaCl в зависимости от концентрации соли в растворе и частоты переменного тока, а на рис. 2 – аналогичные зависимости $УЭС$ ρ_H автомобильных масел и бензина. Из приведенных данных следует, что все нефтепродукты электрически весьма контрастны, т.к. их $УЭС$ не менее чем на 3 порядка превышает $УЭС$ природных водных растворов.

Для установления закономерностей изменения физических свойств грунтов при электроосмотической очистке в лаборатории ГУ КузГТУ были проведены исследования на экспериментальной установке, схема которой представлена на рис.3.

Основными задачами экспериментальных исследований были следующие:

- установление взаимосвязи нагрева массива на разложение органических веществ;
- изучение физических параметров очищаемого массива;
- исследование процессов электрокоагуляции, с переходом нефтепродуктов в твердое состояние.

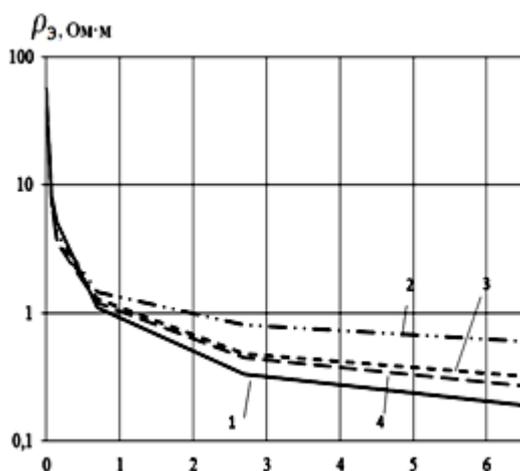


Рис. 1. Зависимость УЭС раствора $\rho_{Э}$ от концентрации соли C в растворе:

1 – постоянный ток; 2 - переменный

ток,
 $f=10$
 Гц; 3
 – 200
 Гц; 4
 -
 1000
 Гц

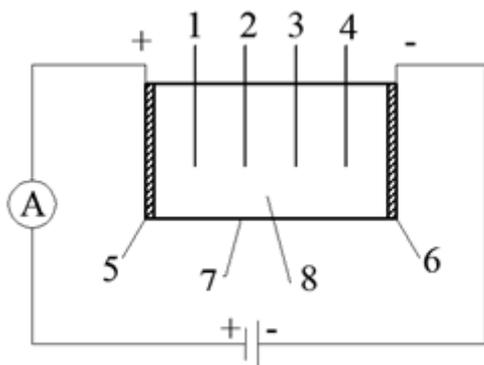


Рис. 3. Схема экспериментальной установки:

1-4 четырехэлектродные датчики-зонды №1-4;
 5 - положительный электрод (анод); 6 - отрицательный электрод (катод); 7 - полиэтиленовая труба $\varnothing 160$ мм; 8 - обрабатываемый загрязненный грунт

Физическая модель представляла собой участок зоны электрохимической очистки с расстоянием между электродами в горизонтальном направлении, близким к реальному. В качестве исследуемой среды применялся уплотненный суглинок.

Установка представляла собой трубу из непроводящего материала - полиэтилена, наружный диаметр трубы 160 мм, внутренний диаметр 140 мм. К торцам трубы прикреплены пластины из оцинкованной стали толщиной 0,7 мм, пластины подрезаны по сечению трубы. В грунт перед загрузкой для повышения плотности тока было добавлено 800 г воды, 8 г соли поваренной NaCl (1%) и загрязнитель. Методика эксперимента включала измерение УЭС загрязненного грунта с помощью датчиков-зондов, изготовленных из четырехжильного медного кабеля. Датчики-микрозонды погружены в грунт через отверстия в трубе с расстоянием между контактами $AM=MN=NB=10$ мм на глубину 70 мм. Измерительным прибором является каротажный прибор КП-2, реализующий измерения УЭС на постоянном токе в импульсном режиме с автоматической компенсацией поляризации, разработанный в КузГТУ. Остальные электрические характеристики грунта и установки измерены электронным мультиметром МУ64.

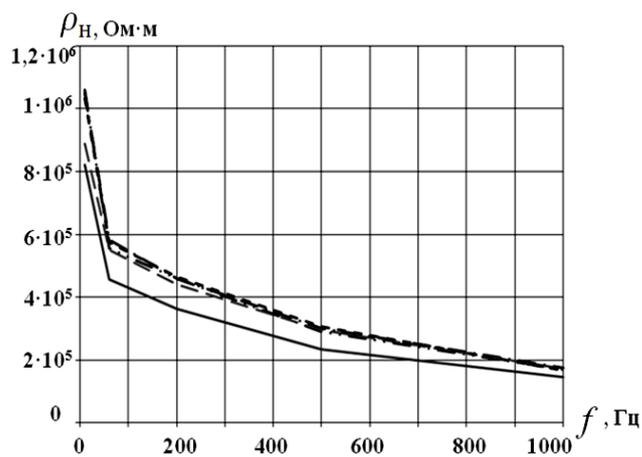


Рис. 2. Зависимость УЭС $\rho_{Н}$ моторного масла от частоты переменного тока:

..... - G-Energy F Synth 0W-40;
 — — - Mobil Synt S 5W-40;
 - - - - Shell Helix Ultra (отработанное);
 — · · - Shell Helix Ultra;
 ——— - бензин Аи-92

Физико-механические характеристики определены с помощью следующих приборов и принадлежностей полевой лаборатории ПЛЛ-2: набор бюкс для определения влажности, весы электронные, духовой шкаф, набор сит.

На рис. 4 приведены результаты измерений УЭС ρ обрабатываемого грунта в зависимости от координаты x расположения датчиков-зондов в установке.

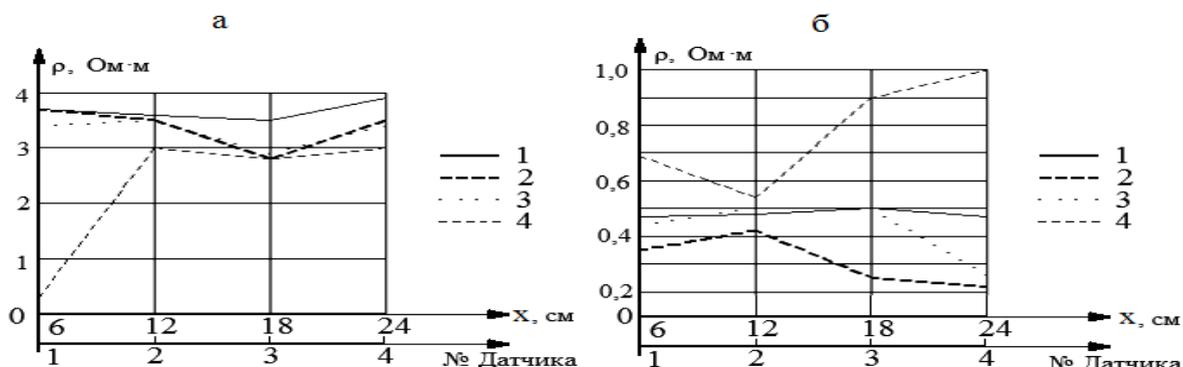


Рис. 4. Изменение УЭС чистого грунта (а) и загрязненного маслом SHELL HELIX (б) с добавлением раствора NaCl при электрохимической обработке:
1 – начало обработки; 2- через 1 сут.; 3 – 2 сут.; 4 – 6 сут.

На рис.5 представлены результаты контроля изменения УЭС ρ/ρ_0 по продольной оси трубы в ходе процессов электрообработки грунта от загрязнения.

Изменения основных физических параметров грунта и его гранулометрического состава в районе датчика №1 (в зоне основного электроосмоса) приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Изменение физических параметров в результате электрообработки

Характеристики	Рис. 4, а	Рис. 4, б	Рис. 4, в	Рис. 4, г
	до/после	до/после	до/после	до/после
Ток I, А	0,02/0,01	0,02/0,01	0,02/0,01	0,02/0,01
Влажность, %	54/15	17,3/12,2	15,9/9,3	19/16
Плотность во влажном состоянии, г/см ³	2,33/1,72	1,80/1,66	1,81/1,61	1,81/1,74
Плотность в сухом состоянии, г/см ³	1,51/1,49	1,53/1,48	1,56/1,47	1,52/1,50
Пористость, %	82/19	27/18	25/14	29/24

Таблица 2

Изменение гранулометрического состава грунта в результате электрообработки

Фракция		Рис. 4, а					Рис. 4, б				
		2	0,5	0,25	0,1	< 0,1	2	0,5	0,25	0,1	< 0,1
Содержание, %	До обработки	0,9	22,3	12,2	14	50,6	1,2	19,3	13,5	16,6	49,4
	После обработки	3,6	30,4	14,6	30,6	20,75	4,0	32,3	16,8	25,4	21,5
		Рис. 4, в					Рис. 4, г				

Содержание, %	До обработки	2,0	17,6	15,5	18,8	46,1	1,4	19,8	13,9	16,1	48,8
	После обработки	2,1	21,2	22,3	28,9	25,5	2,0	31,1	15,7	28,8	22,4

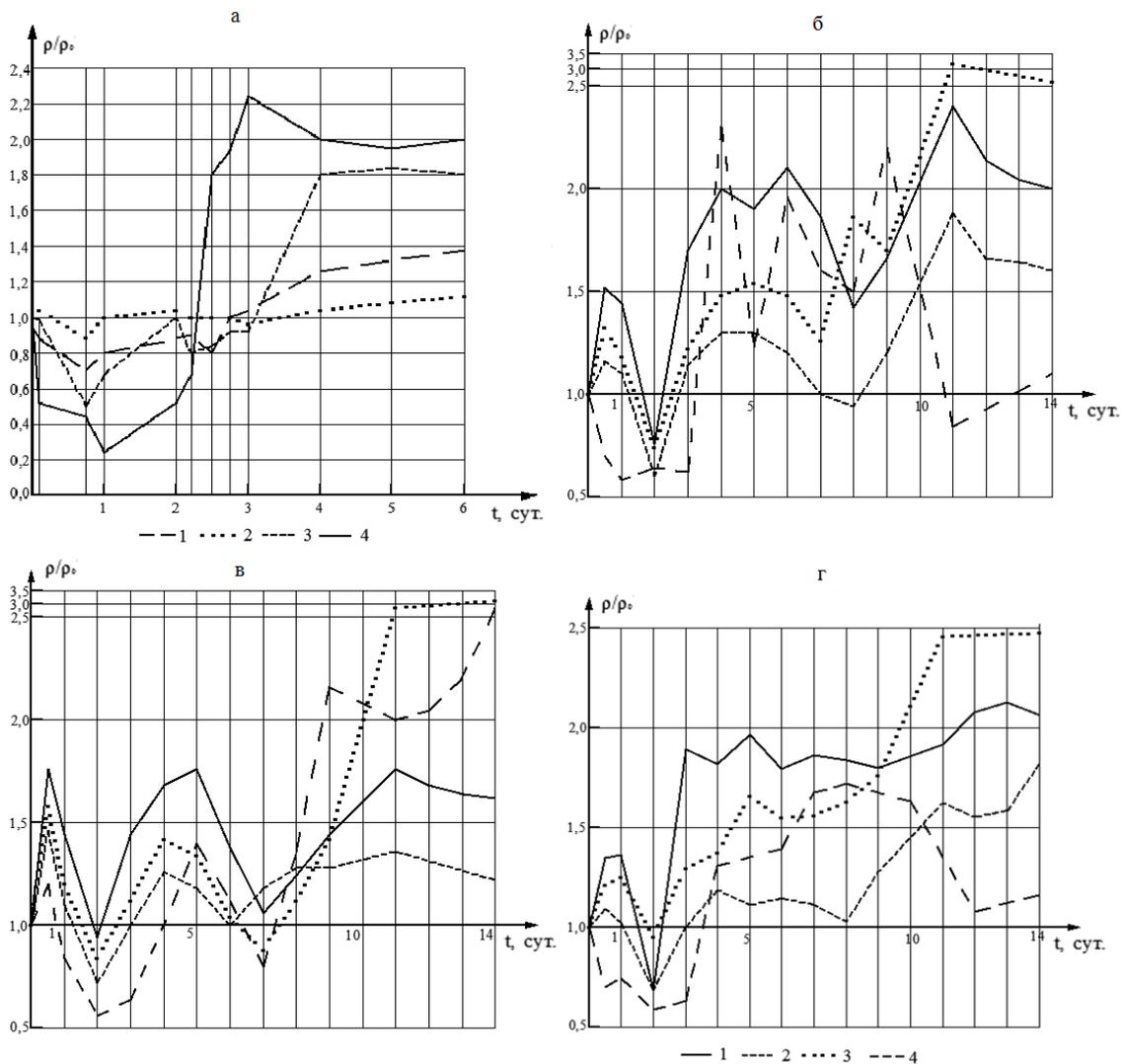


Рис. 5. Графики изменения относительного УЭС массива при электрохимической очистке от загрязнения маслом Shell Helix Ultra, 100г (а), бензином, 100г (б), маслом Shell Helix Ultra отработанным, 100г (в), дизельным топливом, 100г (г):

1 - четырехэлектродный датчик зонд №1; 2 - №2; 3 - №3; 4 - №4;

Анализ полученных графиков позволил сделать следующие выводы.

1. УЭС природных жидкостей и нефтесодержащих загрязнителей, насыщающих грунты, электрически контрастны и отличаются на несколько порядков в сторону загрязнителя, что позволяет с достаточной информативностью определить геометрические параметры зоны загрязненных грунтов и степень загрязнения.

2. При нагревании в процессе пропускания тока и воздействии на нефтепродукты в порах грунта они переходят в твердое связанное состояние, что приводит к увеличению УЭС грунта.

3. 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 содержания более крупных фракций.

Список литературы

1. В. А., Королев. Очистка грунтов от загрязнений. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 365 с.
2. Простов, С. М. Электрохимическое загрязнение грунтов / С. М. Простов, А. В. Покатилов, Д. И. Рудковский; РАЕН. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2011. – 294 с.