

**УДК 504.064:550.837.31**

Шабанов Е.А., ст. преподаватель (КузГТУ, г. Кемерово)

Простов С.М., профессор, д.т.н. (КузГТУ, г. Кемерово)

Shabanov Evgeniy, senior lecturer (KuzSTU, Kemerovo)

Prostov Sergey, professor, doctor of engineering sciences (KuzSTU, Kemerovo)

## **ОПЕРАТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ОЧИСТКИ ГРУНТОВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

### **OPERATIONAL MONITORING OF THE PROCESSES OF CONTAMINATION AND PURIFICATION OF SOIL FROM OIL PRODUCTS**

#### **Аннотация:**

Выявлены объекты диагностирования – потенциальные источники загрязнения грунта нефтепродуктами. Разработаны схемы и алгоритмы определения расположения зоны загрязнения, выбора способа дезактивации по величине интегрального показателя. Приведены методики электрофизического диагностирования зон загрязнения, методики и схемы контроля процессов электрохимической очистки грунтов от нефтезагрязнений. Представлены основные технические характеристики применяемой при обработке грунтов электросиловой и контрольно-измерительной аппаратуры, результаты мониторинга на опытном полигоне.

#### **Abstract:**

The objects of diagnosis – potential sources of soil contamination with oil products. Schemes and algorithms for determining the location of the pollution zone, the choice of the method of decontamination by the value of the integral index are developed. Methods of electrophysical diagnostics of pollution zones, methods and schemes of control of processes of electrochemical purification of soils from oil pollution are given. The main technical characteristics of the electro-power and control-measuring equipment used in soil treatment, the results of monitoring at the test site are presented.

Анализ потенциальных источников загрязнения выявил объекты, на которых происходит загрязнение грунтов и при их эксплуатации требуется диагностирование с определением размеров зоны загрязнения. Классификация объектов диагностирования приведена на рис. 1 [1-3].



Рис. 1. Объекты диагностирования – потенциальные источники нефтезагрязнений грунта

Все объекты можно разделить на 3 группы:

– открытые – на которых имеется полный доступ к грунтовому массиву, так как эти объекты не имеют заглубленных фундаментов и других ограждающих конструкций; к ним относят передвижные АЗС, аварийные участки нефтепроводов и коммуникаций, дамбы очистных сооружений, железнодорожные станции и участки пути;

– частично открытые – на которых имеется ограниченный доступ к грунтовому массиву, за счет ленточных фундаментов внутри сооружения имеется доступ к массиву; к ним можно отнести нефтехранилища и склады ГСМ, сооружения ремонтных баз железнодорожного, автотранспорта и механического оборудования;

– закрытые – объекты на которых доступным грунтовый массив является только вокруг сооружения; к ним относятся стационарные АЗС, трансформаторные подстанции, резервуары.

Схема геофизического полигона для объектов открытого типа представляет собой систему продольных и поперечных профилей с шагом от 0,5 до 5 м в зависимости от размера участка и требуемой точности определения границы и размеров зоны загрязнения (рис. 2, а). Для объектов частично открытого типа (рис. 2, б) часть геофизических профилей попадает на ограждающие конструкции или фундаменты, при этом электроды измерительных установок располагают по обе стороны от фундаментов. Схема геофизических профилей для закрытых объектов представляет собой про-

дольные и поперечные профили, находящиеся на максимально близком расстоянии от здания или сооружения и опоясывающие данное сооружение со всех сторон (рис. 2, в).

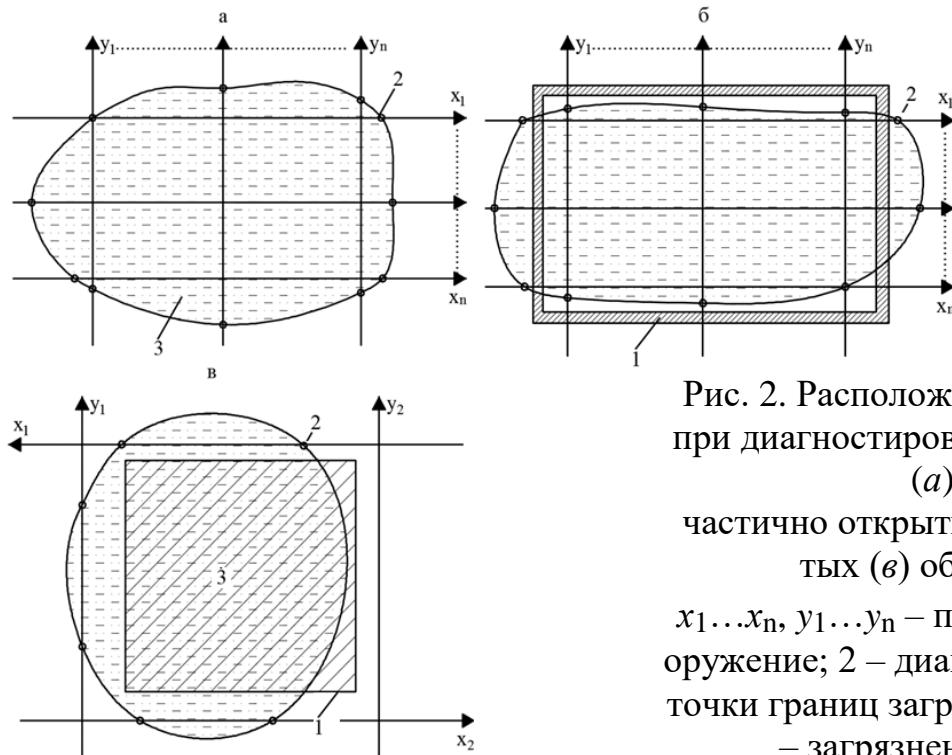


Рис. 2. Расположение профилей при диагностировании открытых (а), частично открытых (б) и закрытых (в) объектов:

$x_1 \dots x_n, y_1 \dots y_n$  – профили; 1 – сооружение; 2 – диагностированные точки границ загрязненных зон; 3 – загрязненная зона

Диагностирование зоны нефтезагрязнения, определение ее размеров возможно с помощью методов геофизического контроля: георадиолокации, электрического зондирования (ВЭЗ) и электропрофилирования (ЭП) [4, 5].

Для электрофизического диагностирования зоны загрязнения необходимо произвести комплекс мероприятий, с помощью которых будут определены размер и расположение зоны загрязнения. Для этого выполняют зондирование с поверхности по четырехэлектродной схеме или профилирование с помощью георадара «ОКО-2». Для реализации четырехэлектродного метода зондирования с поверхности земли в грунт забивают металлические питающие электроды, изготовленные из арматуры длиной 0,6–1 м, диаметром 15–22 мм, заостренные с одной стороны. Измерения производят каротажным прибором КП-2 или электроразведочной аппаратурой АЭ-72, «Березка». Георадиолокационное зондирование осуществляют георадаром ОКО-2 с антенным блоком с центральной частотой  $f = 250\text{--}300$  МГц.

На основе обработки результатов геофизического диагностирования зоны загрязнения определяют способ очистки грунтового массива по алгоритму, приведенному на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм диагностирования зон нефтезагрязнений

Алгоритм включает в себя следующие элементы:

- определение, к какому типу объекта относится сооружение в районе обследуемой зоны;
- назначение профилей, выбор величины шага и длины профилей, расположение профилей относительно объекта;
- выполнение работ по георадиолокации и предварительное определение координат опорных точек зоны нефтезагрязнения;
- определение глубины зоны нефтезагрязнения с помощью координат опорных точек  $z_n$  и эффективного радиуса по результатам ВЭЗ по выбранным профилям;
- определение размера зоны в плане с помощью опорных точек  $x_n, y_n$  по результатам ЭП по выбранным профилям;
- по полученным координатам опорных точек  $x_n, y_n, z_n$  ведется построение объемной 3-D модели зоны загрязнения;
- определение степени загрязнения и интегрального показателя загрязнения  $k$  с помощью программ для ЭВМ по результатам ВЭЗ и ЭП или экспресс-прогноза с использованием эмпирической зависимости по сред-

нему или интегральному значению эффективного УЭС;

– назначение метода очистки грунтового массива по виду объекта и производство работ по очистке.

Для открытых объектов технически целесообразно и экономически наиболее эффективно использование выемки загрязненного грунта для его дезактивации. Для частично открытых и закрытых объектов экономически эффективна и целесообразна электрохимическая очистка непосредственно около или под сооружением без извлечения грунта.

Для контроля процессов электрохимической очистки грунтов рекомендовано применение геолого-геофизического мониторинга, составными элементами которого являются электрофизический мониторинг, инженерно-геологические изыскания и метод инфракрасной спектрофотометрии [6, 7].

Для измерения электрофизических параметров следует использовать две схемы зондирования с земной поверхности: для частично открытых и для закрытых объектов. Для реализации четырехэлектродного метода зондирования с поверхности земли в грунт за пределами обрабатываемого участка заземляют стандартные металлические питающие электроды, а в качестве измерительных используют электроды-инъекторы.

Расположение электродов-инъекторов и питающих электродов показано на рис. 4 для частично открытых и закрытых объектов.

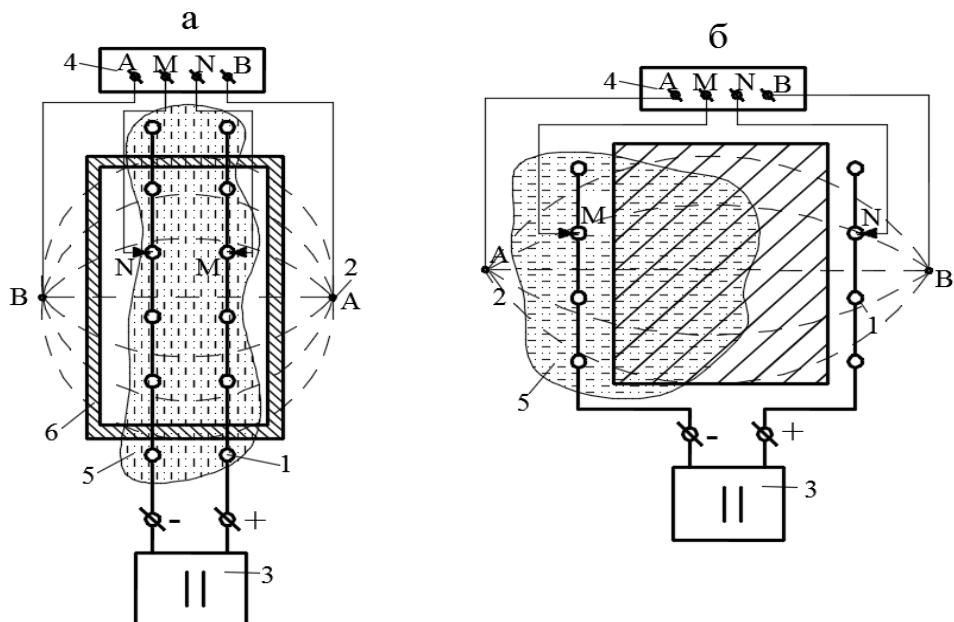


Рис. 4. Схемы контроля процессов электрообработки для частично открытых (а) и закрытых (б) объектов:

1 – зона загрязнения; 2 – питающие электроды А, В; 3 – электросиловая установка; 4 – электроразведочная аппаратура; 5 – зона загрязнения; 6 – сооружение

Основой мониторинга является электрофизический метод контроля, который обеспечивает определение момента окончания электрообработки,

а также расчет коэффициентов загрязнения до и после обработки. Параллельно для контрольных замеров влажности, пористости и гранулометрического состава необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания с помощью полевой лаборатории типа ПЛЛ-2. Контрольные замеры содержания нефтепродуктов в образцах грунта возможно выполнить с помощью метода инфракрасной спектрофотометрии.

Алгоритм контролируемой электрохимической очистки грунта от загрязнений нефтепродуктами включает следующие операции (рис. 5):

- на электросиловой установке должны быть установлены расчетные значения напряжения  $U_0$  и силы тока  $I_0$ ;
- с помощью амперметра и вольтметра на электросиловой установке производят контроль изменения параметров установки – напряжения  $U$  и силы тока  $I$  во времени;
- методом интегрального геофизического мониторинга контролируют эффективное электросопротивление  $\rho$ ;

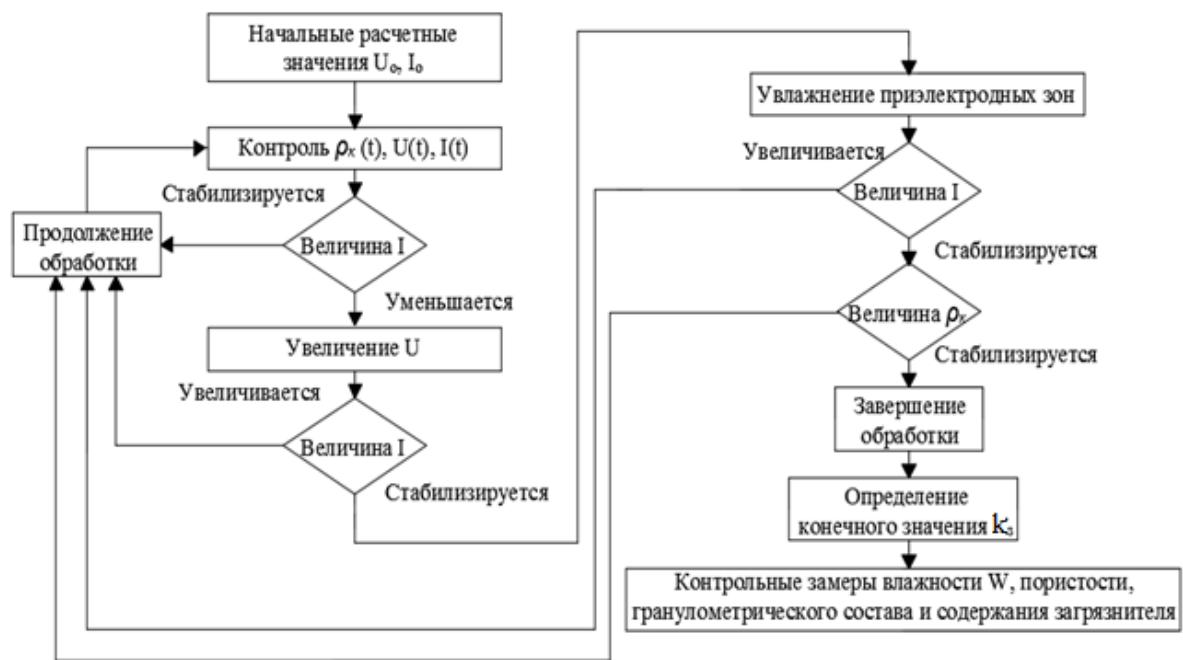


Рис. 5. Алгоритм контролируемой электрохимической очистки грунта от загрязнений нефтепродуктами

- если величина силы тока  $I$  не изменяется, то следует продолжить электрообработку грунта, при уменьшении  $I$  необходимо увеличить напряжение  $U$  чтобы она приобрела начальное значение;
- силу тока  $I$  также возможно увеличить путем увлажнения приэлектродных зон, если при этом  $I$  увеличивается, то обработка продолжается, продолжают контролировать эффективное УЭС  $\rho_k$ ;
- если эффективное электросопротивление  $\rho_k$  уменьшается, то сле-

дует продолжить обработку, если величина  $\rho_k$  перестала изменяться и все меры по увеличению силы тока  $I$  исчерпаны, то следует прекратить обработку;

- по завершении обработки производят определение конечного значения коэффициента загрязнения;
- контрольные замеры влажности, пористости, гранулометрического состава и содержания загрязнителя.

Ниже приведены отдельные результаты применения описанных методик на полигоне ООО «НООЦЕНТР». Георадиолокационное и электрические зондирование проводили по одному продольному и трем поперечным профилям. На радарограммах загрязненные нефтепродуктами участки шириной 2–2,4 м и глубиной до 1,5–1,8 м характеризуются ослаблением горизонтальных линий синфазности. На графиках ЭП и ВЭЗ данные зоны диагностируются по повышенным значениям эффективного УЭС  $\rho_k$ , при этом величины интегральных значений  $\rho_k$  до, после загрязнения и после обработки составили: для схемы ЭП соответственно 13,1, 21,2, 17,3 Ом·м; для схемы ВЭЗ – 14,1, 22,3, 16,7 Ом·м (рис. 6).

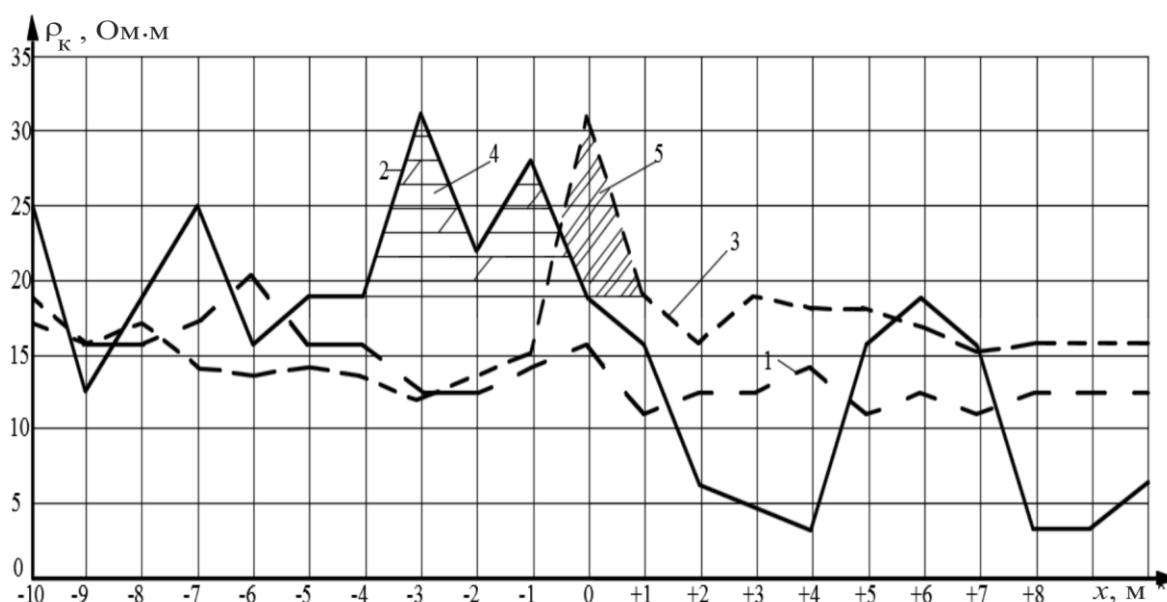


Рис. 6. Результаты ЭП над зоной загрязнения:

1 – до загрязнения; 2 – после загрязнения; 3 – после электрообработки; 4 – расположение аномальной зоны до обработки; 5 – расположение аномальной зоны после обработки

Применение разработок направлено на повышение экологической безопасности ведения горных или строительных работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорошилова, Л. С. Геоэкологическое состояние угледобывающих регионов Кузбасса. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2007. – 135 с.
2. Королев, В. А. Мониторинг геологических, литотехнических и эколого-геологических систем. – Москва: КДУ, 2007. – 416 с.
3. Аренс, В. Ж. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений / В. Ж. Аренс, А. З. Саушкин, О. М. Гридин [и др.]. – Москва : Изд-во «Интербук», 1999. – 371 с.
4. Королев, В. А. Очистка грунтов от загрязнений. – Москва : МАИК «Наука / Интерperiодика», 2001. – 365 с.
5. Королев, В. А. Теория электроповерхностных явлений в грунтах и их применение. – Москва : ООО «Сам полиграфист», 2015. – 468 с.
6. Простов, С. М. Комплексный геолого-геофизический мониторинг процессов упрочнения грунтов / С. М. Простов, О. В. Герасимов, Н. Ю. Никулин. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2015. – 344 с.
7. Вартанов, А. З. Физико-технический контроль и мониторинг при освоении подземного пространства городов. – Москва: Изд-во «Горная книга». – 2013. – 548 с.