

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕТРИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ПОЧВ И ГРУНТОВ

П. А. Калейчик

Научный руководитель доцент А.П. Гусев

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Экологическая оценка состояния и мониторинга земель городских территорий и сельскохозяйственного назначения – одна из наиболее важных проблем современной экологии и почвоведения. Она включает в себя широкий ряд вопросов, которые варьируются от оценки плодородия почв для ведения точного земледелия до определения степени загрязнённости литотехнических систем с целью строительства и ведения промышленности.

Одними из главнейших загрязнителей почв и грунтов являются производственные объединения, специализирующиеся на выпуске продукции химического характера (соли, удобрения, пестициды, инсектициды), и предприятия по производству углеводородного сырья. И те, и другие в значимой степени загрязняют территорию по площади и грунт в глубину. В случае первых (химические предприятия) в процессе производства продукции образуются отвалы, состоящие преимущественно из солей. В большинстве случаев они не защищены от атмосферных осадков, которые растворяют и распространяют эти соединения по значительной территории, тем самым способствуя образованию засоленных почв и грунтов. Помимо этого, полученные растворы солей проникают и вглубь земли, обогащая ионами различных солей нижележащие грунтовые воды, которые разносят их более обширно, чем атмосферные осадки и эоловое выветривание непосредственно с самих солеотвалов. В случае с нефтепромышленными и нефтеперерабатывающими предприятиями углеводороды часто загрязняют землю в связи с происшествиями на производстве (авария, выброс) и при транспортировке (прорыв трубопровода).

Во всех данных случаях необходимо проводить тщательный анализ и мониторинг процессов производства. Одно из перспективных направлений – это система геофизических наук. Для применения в экологических целях ведущее место в ней занимает электроразведка. Этому способствует ряд факторов: мобильность методов, дешевизна использования, сохранение ландшафта в целостности и др. Один из них – это наличие характерных электромагнитных свойств у загрязнителей, что непосредственно позволяет качественно и количественно провести изыскания и мониторинг.

Вопрос изучения электроразведкой почв и грунтов имеет почти двухвековую историю. Сведения об использовании методов электрометрии в исследованиях почвоведения берут своё начало ещё с конца XIX века. Так, М. Whitney в 1897 году опубликовал несколько статей о своих экспериментах по определению влажности почвы с помощью гальванического тока. Продолжателем изучения вопроса в России стал К. К. Гедройц, в 1900 г. опубликована его работа о методе электропроводности для изучения концентрации солей в почве. В ней он пришел к выводу, что электропроводность почвы, кроме концентрации солей, зависит от ряда факторов: температуры, влажности, механического состава. Позднее электрические закономерности почв, указанные Гедройцем, были подробно изучены таким русскими учёными, как А. Ф. Вадюнина, Ю. Г. Ткаченко, О. Ж. Раисов, К. Ю. Хан, А. М. Шкаруба, С. И. Долгов, Л. П. Копикова, А. И. Поздняков, А. В. Смагин, Е. В. Шеин [2].

Методология изучения почв имела несколько направлений. Одно из них связано с развитием электрофизических приборов и техники, позволяющих изучать электропроводность природных растворов в порах почв естественного сложения, использовать параметры электрического поля почв. Данное направление получило развитие в 70-х гг. XX века, основой для него послужило теоретическое обоснование методов постоянных электрических полей почв для оценки их генетических особенностей при проведении фундаментальных почвенных исследований и картирования, а также многочисленных разработки комплексных методик оценки электрических полей орошаемых почв на основе электро- и гидрофизических наблюдений. Более востребованные методы: метод естественного электрического поля, методы сопротивлений (включая электропрофилеирование, вертикальное электрическое зондирование), радиоволновое профилирование, зондирование (георадар или радиолокационные зондирования).

Методы сопротивлений основаны на наиболее универсальном электромагнитном свойстве – удельном электрическом сопротивлении. Оно изменяется от единиц до многих тысяч Ом и зависит, в основном, от минерального состава, физико-механических и водных свойств горных пород, а также от некоторых других факторов (глубина залегания, температура, степень метаморфизма, техногенное воздействие и др.).

Удельное электрическое сопротивление минералов зависит от их внутрикристаллических связей, а также физико-механических свойств (средний диаметр твёрдых частиц, дисперсность, пористость, трещиноватость, извилистость поровых каналов). Удельное электрическое сопротивление подземных вод зависит от их общей минерализации. Поэтому в целом на сопротивление породы влияет как электропроводные свойства минералов, так и водные характеристики породы (влажность, водонасыщенность, водоотдача, проницаемость, фильтрация и др.), а также условия залегания.

Загрязнение нефтепродуктами имеет следующую особенность: проникая в горные породы, углеводороды скапливаются в коллекторах над грунтовыми водами (верхний водоносный горизонт) или в подземных водах. Поэтому решение гидроэкологических задач, связанных с загрязнением почв, грунтов и верхней части геологической среды нефтепродуктами, начинается с выявления коллекторов (песков, пористых известняков, полускальных пород) и водоупорных горизонтов (глин, скальных пород).

Хотя нефтепродукты по удельному электрическому сопротивлению близки к изоляторам, в горных породах, насыщенных ими, сопротивление может быть как выше, так и ниже, чем у тех же пород, но водоносных. Объясняется это вымыванием нефти водой, химическим и биологическим (под воздействием микроорганизмов) окислением. Окисление, идущее на контакте вода – нефть, происходит тем быстрее, чем больше воды в породе и выше скорость её движения, а значит, выше в ней концентрация кислорода. В результате нефтезагрязнение замещается продуктами окисления (сульфиды, в частности, пирит и др.), которые образуют в подземной воде электролит с низким удельным сопротивлением. Поэтому в обводнённых породах при разных соотношениях высокоомного слоя нефтепродуктов и окружающего низкоомного слоя их переработки могут создаваться зоны как повышенного, так и более вероятного пониженного сопротивления. В районах, где расположены необводненные породы, нефтепродукты могут сохраняться сколь угодно долго, а загрязненные ими породы выделяются как высокоомные объекты. [3]

В случае засоления грунтов и подземных вод сопротивление горных пород, особенно трещиноватых и обводненных, определяется в значительной мере минерализацией подземных вод, так как электропроводность у пород в основном ионная. Поэтому для геологического истолкования данных метода сопротивлений надо знать общую минерализацию подземных вод. Её определяют путем резистивиметрических измерений, т.е. определением сопротивления воды с помощью установок метода сопротивлений малых размеров, помещенных в трубу (сосуд), изготовленную из изолирующего материала.

Наиболее применимые методы при мониторинге загрязнений:

- вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ), основанное на измерении электрического сопротивления на разной глубине в одном месте с поверхности почвы. Преимуществом метода является отсутствие необходимости закладки почвенных разрезов и скважин, не нарушается целостность геологического разреза.
- горизонтальное электрическое профилирование (ЭП) – способ измерения электрического сопротивления неизменной установкой, перемещаемой по линии и обеспечивающей измерение примерно одинакового по глубине слоя грунта.

Это первые методы, с которых следует начинать обследование на загрязнённость намеченной территории, так как они обладают определенной «дистанционностью» и при их использовании нет нужды закладывать разрезы и бурить скважины. Хотя число точек ВЭЗ на исследуемой территории обычно не велико, этим методом можно получить информацию о засолении на любой глубине без закладки разрезов, поэтому данный этап работы весьма важен. Анализ семейства кривых ВЭЗ, полученных на исследуемой территории, позволяет выбрать такой разнос, на котором будет проводиться ЭП, то есть картирование изучаемого участка. На этом разнесе, названном «эффективным», наиболее четко расчлениваются загрязнённые и незагрязнённые грунты, а по величине сопротивления можно судить о степени загрязнения. Важно, что при измерениях методами ВЭЗ и ЭП снижается влияние влажности, так как верхние наиболее высушенные слои мало влияют на сопротивление. Самые верхние максимально сухие и распыленные пласты почвы «пробиваются» электродами, и уже первые разносы зондирования охватывают слои в 10–15 см глубиной, где иссушение почвы уже спадает. Тем не менее, влияние влажности, обусловленное эпюрой её распределения от грунтовой воды, позволяет методом ВЭЗ легко устанавливать глубину залегания грунтовых вод, особенно если они засолены, а также их степень засоления [1].

Периодически повторяя профильные или площадные съемки этими методами, можно судить об изменении загрязненности и осуществлять прогноз (мониторинг). Проведение электроразведки на нефтепромыслах, нефтегазохранилищах и заводах сопряжено с большими трудностями из-за невозможности проводить равномерную площадную съемку, приспособившая профили к дорогам, участкам, где можно вести измерения. Большие помехи, особенно на низких частотах, создают металлические конструкции, линии электропередач, трубопроводы, которые сами часто являются объектами исследования.

На основании изученного материала можно сделать заключение, что исследования электропроводности грунтов всё чаще используются наряду с общепринятыми физико-химическими методами для решения ряда практических вопросов современной экологии и почвоведения. Удельное электрическое сопротивление является одной из наиболее удобных и быстроопределяемых характеристик, позволяющих дать оценку свойств горной породы (гранулометрический и минералогический состав, влажность и ряд других) и степени её загрязнения (засоления). Важно отметить, что измерение электрического сопротивления не заменяет определение физико-химических свойств, но помогает существенно снизить число анализируемых проб, необходимых для полной характеристики пространственной изменчивости грунтовой загрязнённости. Современные мобильные устройства измерения удельного электрического сопротивления горных пород позволяют картировать площадь загрязнений, проводить послонное измерение электропроводности грунта территории. Удельное электрическое сопротивление является сложным показателем, позволяющим из минимума данных построить информативную модель физико-геологических процессов.

Литература

1. Оценка засоления почв и грунтовых вод методами электрического сопротивления / Поздняков А. И., Шейн Е. В., Федотова А. В., Шваров А. П., Яковлева Л. В. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2012.
2. Субботина М. Г., Батье-салес Х. Об электропроводности почв в современных исследованиях // Пермский аграрный вестник. – 2013. – №. 3 (3).
3. Хмелевской В. К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 2: Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика. Учебное пособие // Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 1999. – 184с.