



УДК 550.83: 622.276

ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЕОСРЕДУ С ПРЕОБРАЗУЮЩИМИ ЦЕЛЯМИ

В.А. Зыков

Ухтинский государственный технический университет

В рамках системно-методологического обоснования и выяснения путей развития методов и технологий управляемого воздействия на геообъекты (пласт) геофизическими полями с целями обеспечения задач эффективного извлечения из недр полезных ископаемых, получивших название техноэкогеофизики, выделены около десяти проблемных аспектов и несколько подаспектов их перспективного развития. Дана развернутая характеристика сущности и содержания основных из них: экологического, энергетического (включая синергетический подаспект), информационного (в т.ч. кибернетического подаспекта), петрофизического, общеметодологического др. На современном феноменологическом этапе развития техноэкогеофизики наиболее важным представляется общеметодологический аспект.

Введение

При современном уровне геолого-геофизической изученности большинства регионов, ухудшающейся структуре запасов и добычи нефти и газа, других полезных ископаемых основные приоритеты и объемы геофизических исследований объективно смещаются от поисково-разведочных к эксплуатационным этапам. Это «классические» геологические задачи при 3D сейсморазведке, контроле за разработкой месторождений, создании геологических моделей эксплуатационных объектов и др. В последние годы нами [1-3 и др.] обосновывается и развивается использование физических полей разной природы не только и не столько для извлечения информации о структуре, составе и состоянии геологической среды, но с целью утилитарного преобразования (трансформации) самой среды, например, управляемого изменения физико-химических свойств её отдельных фаз и компонент (порового пространства, насыщающего флюида и т.п.), вплоть до разрешения (деструкции) горных пород. Такие процессы имеют определяющее значение в технологиях добычи (извлечения), обогащения и транспортировки полезных ископаемых, в частности в горно-рудном и нефтегазодобывающем производствах.

В развитии идей и методов геотехнологии [4] и техногеологии [5] было предложено [1] объединить экспериментально-теоретические разработки в области дистанционного воздействия на геосреду физическими (геофизическими) полями с целями её управляемого преобразования в актуальное научно-прикладное направление разведочной геофизики

(РГ) – техноэкогеофизику (ТЭГ). В предыдущей статье [6] дана развернутая характеристика ТЭГ с системно-методологических позиций. Продолжая эту характеристику, рассмотрим некоторые проблемные аспекты перспективного развития методов геофизического воздействия на геосреду с преобразующими целями.

Проблемные аспекты развития техноэкогеофизики

Методологическое и экспериментально-теоретическое обоснование любого нового научно-прикладного направления, связанного с динамично развивающимися геонимическими, техническими и экологическими науками представляет, весьма сложную, нетривиальную проблему. Это в полной мере относится к ТЭГ, не имеющей пока сколько-либо развитой внутренней структуры и единой теории. При исследовании подобных сложных систем любой природы логично воспользоваться стандартным приёмом научного анализа, заложенным в самом понятии «анализ» – расчленении проблемы на составляющие по тем или иным признакам (свойствам): части, разделы, аспекты и т.д. и исследовать (или формировать) их раздельно.

По результатам комплексного анализа состояния проблемы полевых воздействий на геосреду с учётом рассмотренных выше базовых понятий ТЭГ мы выделяем [3] по меньшей мере десять основных проблемных аспектов и несколько подаспектов, развитие которых, на наш взгляд, одинаково

Основные проблемные аспекты перспективного развития техноэкогеофизики

| Проблемные аспекты | Цель и содержание |
|---|---|
| 1. Информационно-исторический | Научно-информационное сопровождение проблемы: состояние изученности, структурированный информационный банк. |
| 2. Петрофизический (технопетрофизический) | Исследование существенных физических процессов и эффектов воздействия (взаимодействия) на образцах. |
| 3. Энергетический (трансформационный) 3.1. Синергетический | Исследование и оценка энергетических характеристик воздействий и мощностей источников и др. в “трансформационной” функции поля . То же в стимулирующей “катализаторной” функции поля, возбуждающей неравновесное состояние в образовании диссипативных структур. |
| 4. Информационный (классический) 4.1. Кибернетический | Изучение новых информационных возможностей в нелинейных эффектах, в т.ч. “гиперактивного” комплексирования. Обеспечение оперативной обратной информационной связи с объектом и управленческих функций за процессом воздействия. |
| 5. Экологический | Исследование объектов и задач полевого воздействия с экологическими целями, разработка экологически чистых и безопасных технологий полевых воздействий. |
| 6. Объектно-методный | Развитие экспериментально-теоретических основ отдельных полевых воздействий на базе исследованных физических эффектов, классификация и возможности по объектам воздействия. |
| 7. Техничко-методико-технологический | Совершенствование и разработка новых технических средств воздействия (источников полей и т.д.), контроля и управления, методик и технологий для реальных. |
| 8. Организационно-кадровый | Формирование организационно-кадровой инфраструктуры: подготовки специалистов (специализаций) – уч. планы, учебные дисциплины и т.п. |
| 9. Межнаучный (междисциплинарный) | Использование научных достижений других наук и на “стыках” наук: синергетики, кибернетики, нелинейной физики и математики и т.д. |
| 10. Общеметодологический | Становление ТЭГ как самостоятельного научно-технического направления РГ с единой методологией, теорией и т.д. |

важно в развитии теоретико-экспериментальных основ ТЭГ. Иногда они представляются относительно автономными, чаще взаимообусловлены или “пересекаются” многими своими проблемами и вопросами. Их названия и краткая содержательная характеристика приведены в таблице.

Ниже рассмотрим сущность некоторых из них, а также ряда других вопросов, с которыми они соприкасаются.

Экологический аспект

Удобнее начать с экологического (геоэкологического) аспекта, поскольку он вынесен в название самого направления ТЭГ и включает по крайней мере четыре компонента. Во-первых, в самих постановках и принципах, преследуя цели более полного извлечения полезного ископаемого из недр, более глубокой его переработки и т.д. (увеличение нефтеотдачи, сокращение потерь и др.), ТЭГ уже несет экологическую “нагрузку” в смысле рационального недропользования. Во-вторых, достигается это за счет применения более чистых, по сути “бездефектных” полевых геотехнологий воздействия (виброакустических, электромагнитных и др.) на геосреду с минимальным эффектом “последствия” по сравнению с преобладающими сейчас “вещественными” воздействиями на пласт (гидроразрыв, химическая обработка, закачка пара и т.п.). В этих аспектах уже сегодня достигнуты серьезные результаты, прежде

всего в технологиях интенсификации добычи, повышения КИН при геофизическом воздействии на пласт и ПЗП как из скважин, так и с поверхности Земли [7-11].

В-третьих, полевые воздействия по аналогичной схеме могут быть применены к экологически опасной среде (веществу, полю) с целями её “трансформации и деструкции”, например, к отходам горного производства, нефтезагрязненным объектам и др. для их очистки и утилизации. Такие технологии с использованием энергии электромагнитных полей также получают распространение в практике санации экологических объектов [12-15] и, несомненно, за ними будущее. И, наконец, в-четвертых, использование высокоэнергетических полевых воздействий на геосреду с задачами её преобразования (в отличие от малоэнергетических информационных воздействий) требует и предполагает исследование всех процессов и продуктов деятельности ТЭГ для непосредственной защиты человека от техногенных полей, охраны природной и геологической среды от их вредных последствий. Такие исследования также ведутся [16], являясь более предметом, пожалуй, геофизической экологии. В “большой” геофизике (планетарной, Физике Земли) техноэкогеофизический подход намечается [17] в решении важнейшей геоэкологической проблемы современности – прогнозировании и ступенчатой порционной “разрядки” землетрясений.

Информационно-исторический аспект

Этот аспект имеет самое прямое отношение ко всем упомянутым классификациям и последующим аспектам. Его основная задача и содержание – воссоздать максимально полную историю состояния проблемы по всем направлениям с установлением приоритетов в разных областях. Это своего рода пополняемый банк структурированной информации с функциями научно-информационного сопровождения эволюции и прогноза развития ТЭГ. Следует заметить, что идея использования различных физических полей для воздействия на различные объекты, в т.ч. горные породы, битумные и нефтяные пласты и т.п., не нова и уходит своими корнями в 30^е годы. В начальный период предпочтение отдавалось электрическим и электромагнитным методам, в последние десятилетия наибольшие успехи достигнуты в методах упругих деформаций и волн [7-9, 18]. Одним из первых исследователей, обратившим внимание, описавшим экспериментальные данные и по существу впервые обосновавшим многие физические явления взаимодействия полей с горными породами в современном толковании и их использование в горном деле (электродинамических, термодинамических, акустических и др.), был академик В.В. Ржевский [19].

Примечательно, что до последнего времени основными источниками информации о подобных исследованиях и разработках были немногочисленные монографии и статьи в тематических сборниках отдельных организаций (ВНИИНефть, ВНИИЯГГ и др.), а также в периодических журналах “Нефтяное хозяйство” и некоторых других. Это и понятно, поскольку методы воздействия на пласт физическими полями изначально разрабатывались как методы увеличения нефтеотдачи (МУН), т.е. специфической проблемы нефтеотдачи, и не были в широком смысле сферой интересов геофизики (и геофизиков). С конца 90^х годов ситуация кардинально меняется. Вместе с резким ростом общего количества публикаций по этим проблемам они постепенно “перекочевывают” в геофизические издания: “Геофизику”, НТВ “Каротажник”, “Геоинформатику” и др., однозначно свидетельствуя о геофизической проблематике рассматриваемых вопросов и повышении их актуальности в складывающейся структуре нефтегазовой инженерии и нефтегазовой геофизике. Настоящую историю ТЭГ ещё предстоит исследовать и написать.

Энергетический и синергетический аспекты

В “классических” информационных, в общем малоэнергетических воздействиях полей на геосреду, энергетической стороне процессов взаимодействия должного внимания не уделяется, если речь не идёт об экзотических задачах “просвечивания” глубинных зон Земли. Трансформационные воздействия, очевидно зависящие от характера поля, свойств среды и “удалённости” (доступности) объекта, мас-

штабов (охвата) воздействия и др., требуют более значительных энергий физического поля. Выполненные энергетические оценки для разных полей и объектов воздействия (нефтяной, битумный пласт) показывают, что при не очень глубоком залегании объектов (1,5-2 км.) эта энергия (мощность) вполне реальна для современных источников, а приведённые затраты на тонну нефти в несколько раз ниже допустимых пределов рентабельности. Эти оценки выполнены исходя из линейных представлений о физической модели Земли, где среда является пассивной, а искусственное физическое поле – основным энергетическим источником процесса преобразования, т.е. “рабочим агентом”.

Наиболее перспективными в этом аспекте являются новые развивающиеся представления о геофизической модели Земли на разных уровнях организации геологической среды: её неоднородности, нелинейности, неравновесности, локальной неустойчивости, активной роли среды в генерации физических полей, возможности трансформации энергии одного вида поля в другой и т.д., которые привели, как уже упоминалось, к развитию нелинейной геофизики [20, 22]. Эти представления о линейной среде с тремя фундаментальными свойствами – изменчивостью во времени, нелинейностью, активностью, отличающимися её от идеальной линейной модели (неизменность, линейность, пассивность), привели к необходимости обоснования нового фундаментального понятия “**геофизической среды**” [23]. Она характеризуется энергонасыщенностью, иерархическим неоднородным строением – “кусковатостью” горных пород и в отличие от геологической описывается суммой физических и структурных свойств и рассматривается на сравнительно коротких временных интервалах развития физических процессов (естественных или вынужденных!), тогда как геологическая среда погружена в геологическое время, участвует в медленных геологических процессах.

В ТЭГ понятие геофизической среды является чрезвычайно важным, если учесть, что она одновременно активна во всех своих частях. Твёрдая, жидкая и газовая фазы – единая система, все компоненты которой взаимосвязаны многообразными энергетическими переходами, особенно активными на границах фаз, определяющими их конкретное физическое состояние в любой точке пространства. С позиции природных самоорганизующихся (диссипативных) структур И. Пригожина и синергетической организации литосферы в целом как термодинамически открытой системы, непрерывно обменивающейся веществом и энергией с другими геосферами и Космосом, роль и функции техногенных физических полей в процессах воздействия могут существенно измениться от собственно трансформационной (“рабочий агент”) до “катализаторной”, возбуждающей и поддерживающей неравновесное состояние системы. Появляется возможность вынуждать идти необходимые процессы преобразования синер-

гетическим путём, обратным природному, причём в этом случае уже с незначительными затратами энергии внешних источников, а используя внутреннюю энергию пласта, сложные явления резонансного и комбинированного взаимодействия и т.д. Установленные эффекты природных синергетических структур и генерации вторичных сейсмических, электромагнитных и тепловых полей подтверждают возможность воспроизведения “обратных” процессов. Уже получены экспериментальные данные, которые находят объяснение с этих позиций [11]. Очевидным преимуществом синергетического подхода при соответствующей математической проработке задач является возможность многовариантного численного эксперимента.

Информационный и кибернетический аспекты

Реализация процесса воздействия требует качественно нового, более детального и “тонкого” уровня информации как о состоянии объекта, так и о характере процесса трансформации. Поэтому “классическая” информационная роль геофизического поля в задачах ТЭГ не только не исключается, но и получает дальнейший стимул развития в следующих направлениях. Прежде всего это расширение информационных возможностей за счёт регистрации и изучения нелинейных явлений: “слабых эффектов”, “перекрёстных эффектов” и т.п. Сопутствующие воздействию вторичные (генерированные средой) поля обеспечивают возможность “гиперактивного” комплексирования, начиная с этапа регистрации (в дополнение к известным понятиям пассивного и активного комплексирования), за счёт повышения информативности и разрешённости методов исключительно в процессе и благодаря воздействию (утрированные примеры из “классики” – методы заряженного тела, наведённой активности). Успешные примеры таких технологий, в частности методов сейсмoeлектроразведки [24] и АНЧАР [25] уже имеются. Необходимость управляемого (контролируемого) воздействия приводит к необходимости обеспечения обратной связи и оперативного обмена информацией с управленческими функциями за процессом воздействия, т.е. по сути к кибернетическому подходу. В классической геофизике понятие информация неразрывно связано с понятием интерпретация, которое в свою очередь, с понятием и математическими постановками прямой и обратной задач геофизики. В постановках ТЭГ, когда предметом является не какие-либо характеристики объекта, а процесс (и его характеристики), интерпретация имеет смысл лишь в реальном времени. Очевидно, что исключительно по аналогии с “классикой” можно утрированно трактовать прямую и обратную задачи соответственно: определение поля по заданному процессу и определение параметров процесса по заданному полю. Также очевидно, что такие трактовки имеют физический (и математический?)

смысл если “поле” и “процесс” взаимообусловлены, тогда как на практике поле должно “возбуждать и поддерживать” процесс, в то же время процесс вовсе не обязательно сопровождается полем. Если к этому добавить известную неоднозначность геологической природы [26] – дивергенцию (разные воздействия – один результат) и конвергенцию (одинаковые воздействия – различные результаты), получится весьма нетривиальная и неоднозначная картина. Однако, геофизика в решении подобных задач пока явно не преуспела и здесь имеется огромное поле деятельности, в т.ч. для «геофизических математиков».

Петрофизический аспект

Его сущность и содержание хорошо известны из РГ как связующего информационного “моста” между полем и веществом. В отличие от линейной геофизики, в основном постулирующей независимость вещественных параметров среды от физического поля, петрофизика в задачах ТЭГ (возможно её также следует называть “технопетрофизикой”) должна на образцах исследовать различные физические явления и эффекты, происходящие в породах и насыщающих их флюидах под воздействием физических полей, и приводящие к изменению их физических свойств на макроуровне, обеспечивающих прагматические эффекты (изменение проницаемости, повышение нефтеотдачи т.п.). Многие из таких эффектов исследованы (в основном в рамках линейных представлений о среде), другие пока не находят объяснений в рамках линейных моделей, многие наверняка ещё предстоит открыть и исследовать в контексте понятия “геофизической среды”.

Общеметодологический аспект

На данном этапе развития ТЭГ, являющемся по сути феноменологическим, наиболее важным представляется создание общей методологии (концепции) техноэкогеофизики, признание и формирование её в качестве самостоятельного направления РГ, разработка теоретико-экспериментальных основ новых физических представлений о свойствах геофизической среды. Привнесение конструктивных идей и методов геофизики в разработку месторождений, в частности в МУН (как некогда разведочная геофизика вклинилась в решение геологических задач, эволюционируя на них и вместе с ними, завоевала лидирующие позиции в ГРП), может обеспечить “качественный скачок” и “прорыв” в технологиях поиска, извлечения и использования полезных ископаемых.

Существо и содержание остальных проблемных аспектов в общих чертах становится понятным из их названия и краткой содержательной характеристике, которая приведена в таблице. К этому можно добавить лишь следующее. Подобно тому, как комплексирование методов в “классической” РГ решает многие сложные задачи, можно ожидать, что комбинированным воздействием различными по

природе полями (например, акустическим и электромагнитным т.д.) в “параллельном” (одновременно) или последовательном режимах удастся снять некоторые ограничения существующих технологий – эффективно применить методы в сложных карбонатных коллекторах, на месторождениях нефти с повышенной и высокой вязкостью и других нетрадиционных объектах. Главными технологическими задачами при этом следует считать: увеличение мощности источников физических полей для увеличения “охвата” воздействием как из скважин, так и с поверхности земли; разработка контролируемых источников новых физических полей (например, ядерных излучений); создание преимущественно управляемых технологий и т.п.

Очевидно, что решение всех этих задач развития ТЭГ, а также не менее важных задач технологического сопровождения уже разработанных и апробированных методов, немислимо без соответствующих специалистов. Назрела необходимость введения в учебные планы геофизической специальности учебных дисциплин, освещающих подобные проблемы. В ближайшем будущем, вероятно, необходимо разработать учебно-методическую документацию на новую специализацию дипломированного специалиста и программу магистерской подготовки.

Заключение

Методы и технологии управляемого геофизического воздействия на геосреду для обеспечения процессов эффективного, избирательного и экологичного извлечения минерально-сырьевых ресурсов из недр представляют реальную альтернативу существующим технологиям преимущественно “вещественного”, реагентного воздействия (гидроразрыв, закачка пара, химических веществ и т.д.). Приоритетное развитие и промышленное внедрение идей и методов ТЭГ имеет для северных регионов России, обеспечивающих основные потребности страны в минерально-сырьевых ресурсах и характеризующихся, в то же время, наиболее “чувствительными и ранимыми” природно-ландшафтными условиями.

Рассмотренные проблемы и аспекты развития ТЭГ свидетельствуют о сложности и многоплановости теоретических, экспериментальных и прикладных задач, особенно с учетом новых физических представлений о модели геофизической среды – неоднородности, локальной изменчивости, нелинейности, активности и др. Необходима консолидация усилий ученых и практиков по развитию всех её аспектов – идейно-теоретического, экспериментального, технического, методного и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зыков В.А., Грунис Е.Б., Дроздов А.В. Техноэкогеофизика – новые эффективные технологии освоения, добычи и переработки минеральных ресурсов XXI века (методология, теория, приоритетные прикладные направления) // Республика Коми. Научно-техническая политика. – Сыктывкар, 1997. -С. 175-178.

2. Зыков В.А. Техногеофизика: феноменологический анализ, принципы, контуры экспериментально-теоретических оснований и новых геотехнологий // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. - Екатеринбург, 1999. -С. 97-100.
3. Зыков В.А. Об одном “неклассическом” разделе разведочной геофизики и его фундаментальных установках // Геофизика и математика. – Пермь, 2001. -С. 112-125.
4. Арнс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых (геотехнология). – М., 1986. -279 с.
5. Калинин М.К. Техногеология: актуальность и приоритетные направления развития // Сов. геология. – 1989. - №11. -С. 3-10.
6. Зыков В.А. Неинформационное воздействие на геосреду физическими полями: геофизика ли это? // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. –2002. -№1. –С. 222-228.
7. Вахитов Г.Г., Симкин Э.М. Использование физических полей для извлечения нефти из пластов. – М., 1985. -231 с.
8. Гадиев С.М. Использование вибрации в добыче нефти. – М., 1977. -159 с.
9. Кузнецов О.Л., Ефимова С.А. Применение ультразвука в нефтяной промышленности. – М., 1983. -192 с.
10. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М., Чилингар Дж. Физические основы вибрационного и акустического воздействий на нефтегазовые пласты. – М., 2001. -260 с.
11. Симонов Б.Ф., Опарин В.Н., Канискин Н.А. и др. Вибросейсмическое воздействие на нефтяные пласты с земной поверхности // Нефтяное хозяйство. – 2000. - №5. -С. 41-46.
12. Гончарова Л.В., Баранова В.И., Егоров Ю.М. Использование СВЧ-метода при решении проблем техногенеза в экологии// Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охрана окружающей среды. - Пермь, 1997. -С. 65-67.
13. Гончарова Л.В., Баранова В.И., Головачев В.А. и др. Рециркуляция отходов биохимической очистки промышленных сточных вод с использованием СВЧ-энергии // Экологическая геология и рациональное недропользование. -СПб., 2000. -С. 73-75.
14. Королев В.А., Некрасова М.А. Очистка глинистых грунтов от углеводородных загрязнений с помощью электрического тока // Инженерно-геологическое обеспечение недропользования и охраны окружающей среды. -Пермь, 1997. -С. 70-72.
15. Королев В.А., Бабакина О.А., Митоян Р.А. и др. Разработка методов электрохимической очистки грунтов от экотоксикатов // Экологическая геология и рациональное недропользование. -СПб., 2000. -С. 26-28.
16. Жигалин А.Д. Экологический отклик техногенных полей // Геофизика. – 1994. -№ 3. -С. 33-37.
17. Кондратьев О.К. Разведочная геофизика с целью прогноза землетрясений // Геофизика. –1995. -№3. -С.19-25.
18. Шейнман А.Б., Сергеев А.И., Малофеев Г.Е. Электро-тепловая обработка призабойной зоны нефтяных скважин. – М., 1962. -98 с.
19. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М., 1967. -288 с.
20. Вопросы нелинейной геофизики. – М., 1981. -188 с.
21. Кузнецов О.Л., Симкин Э.М. Преобразование и взаимодействие геофизических полей в литосфере. –М., 1990. -269 с.
22. Проблемы нелинейной сейсмологии. – М., 1987. -288 с.

23. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // ДАН СССР. – 1979. -Т. 274, №4. -С. 829-831.
24. Основы сейсмоэлектроразведки / О.А. Потапов, С.А. Лизун, В.Ф. Кондрат и др. – М., 1995. -268 с.
25. Арутюнов С.Л., Графов Б.М., Сиротинский Ю.В. Анчар – уникальная технология прямого поиска нефтегазовых месторождений // Геоинформатика. – 1998. -№3. -С. 12-15.
26. Мушин И.А. Нефтегазовая сейсморазведка и сейсморазведчики в начале XXI века // Геофизика. – 1999. - №1. -С. 11-17.

УДК 550.837

ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗРЕЗА ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ФУНДАМЕНТА ЦЕНТРА ВКМ

И.В. Притыка, Н.И. Белов, А.А. Великанов, С.Н. Закутский, Е.В. Чуева

Воронежский государственный университет

На основании анализа результатов каротажа, переинтерпретации материалов ВЭЗ и анализа литературных данных выполнена оценка физических свойств основных комплексов пород осадочного чехла и верхней части фундамента территории листа М-37-1. В связи с тем, что наибольший объем исследований среди геофизических методов выполнен электроразведкой, основное внимание уделено электрическим свойствам пород разреза. Выделены наиболее активные в электрическом отношении границы разреза. Считается, что, основываясь на имеющихся априорных геологических данных, полученных после проведения ВЭЗ, можно повысить достоверность интерпретации кривых кажущегося сопротивления и разрешающую способность метода.

В 90-е годы 20-го столетия большое внимание уделялось геологическому доизучению площадей в масштабе 1:200 000 (ГДП – 200) с решением большого круга геологических, инженерно-геологических, экологических задач. Решение части этих задач невозможно без применения геофизических методов, ведущую роль в которых по праву играет электроразведка. Основной их этих задач, решение которой подвластно лишь электроразведке методом вертикальных электрических зондирований и сейсморазведке (более точной, но дорогой), является расчленение разреза по вертикали, т.е. выделение субгоризонтальных слоев, различающихся по удельному электрическому сопротивлению.

Очевидно, что в период экономического развала в стране проведение ГДП – 200 нецелесообразно, поэтому и было принято решение нового состава Министерства природных ресурсов направить основные усилия всех своих подразделений на поиски приоритетных видов полезных ископаемых. На территории ВКМ основным «хранилищем» полезных ископаемых являются докембрийские отложения архея и протерозоя, залегающие на глубинах от 100 до 500 и более метров. Достаточно детальное изучение этих отложений проводилось, как правило, гравимагнитными методами и, в меньшей мере, электроразведкой и сейсморазведкой, ориентированных в основном на решение инженерно-геологических и гидрогеологических задач. Изучение же пород докембрийского фундамента этими методами невозможно без детального изучения перекрывающих их осадочных отложений, отличающихся различной степенью дифференцированности по электрическим

свойствам друг относительно друга и относительно кристаллических пород фундамента. Ниже дается детальный анализ физических свойств осадочных пород и кристаллического массива на основании физико-геологической модели геологического разреза территории листа М – 37 – I (рис. 1).

Покровные отложения, представленные современными гумусовыми отложениями, иногда песками, суглинками и другими породами, характеризуется довольно широким диапазоном удельных электрических сопротивлений – от 12 до 150 Ом·м (наиболее часто встречающиеся значения – 29 – 61 Ом·м). Несмотря на их небольшую мощность – от 0.5 до 3 м (рис. 2) – их влияние на вид кривых ρ_k ВЭЗ значительно – в зависимости от их удельного сопротивления левая ветвь кривых ВЭЗ меняется от восходящей к нисходящей со всеми промежуточными положениями.

Перекрываемые ими отложения четвертичного, неогенового и палеогенового возрастов представлены суглинками, глинами и песками. Удельное сопротивление этой толщи определяется преобладанием в разрезе песчаной и глинистой фракцией и меняется в пределах от 10 до 50 Ом·м при колебаниях мощности от 5 до 50 метров. Практически все отложения вышеуказанных возрастов можно объединить в один слой со средним удельным электрическим сопротивлением 20 Ом·м и мощностью около 15 метров (рис. 3). Как правило, этот слой отмечается на кривых ρ_k ВЭЗ низкоомным горизонтом.

Меловые отложения на территории Воронежской антеклизы наиболее распространены, а их мощность колеблется от 2 до 145 метров. На северо-