

УДК 622.7

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ УДОКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Агеев А.О., аспирант, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, рук. Мироманов доц., к.г.-м.н., Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Краткое описание

Удоканское медное месторождение расположено в 30 километрах южнее железнодорожной станции Новая Чара Забайкальского края России на хребте Удокан. Крупнейшее в стране по запасам меди порядка 25 млн тонн (это порядка 60% российских запасов данного металла) уступает только двум неразрабатываемым медным месторождениям в мире - Ою-Толгою (Монголия, 36,7 млн тонн) и Pebble (Аляска, 36,5 млн тонн). Освоение месторождения осложняют отсутствие инфраструктуры и экстремальные климатические условия горной местности: вечная мерзлота, 10-бальная сейсмичность, частые сходы лавин на высокогорных участках месторождения. Отмечаются также сложные горнотехнические условия разработки, глубокое и повсеместное взаимопроникновение сульфидных и окисленных форм медьсодержащих минералов.

Геология

Удоканское стратиформное месторождение меди (рис.1) находится в северо-восточной части Олекмо-Витимской горной страны в хребте Удокан. Оно располагается в центральной части Кодаро-Удоканской структурно-фациальной зоны, которая входит в состав внешнего пояса байкалид и представляет собой крупный синклинирий, вытянутый в субширотном направлении и плавно огибающий с юга выступы архейского фундамента Чарской глыбы (Л.Салон, 1967).

Рудовмещающими породами на Удоканском медном месторождении являются медистые песчаники. В тектоническом отношении месторождение приурочено к Намингинской брахисинклинали, расположенной в осевой части Кодаро-Удоканской зоны. Руды Удоканского месторождения практически монометалльные медные и содержат лишь небольшую примесь серебра. Минеральный состав их характеризуется исключительным постоянством. Основными первичными минералами меди являются *халькозин*, *борнит* и *халькопирит*. Из вторичных минералов меди распространены *малахит*, *азурит*, *ковеллин*, *халькозин*. Из других основных минералов в рудах широко распространены: *пирит*, *магнетит* и *гематит*. В виде минералов-примесей отмечены: *валлериит*, *молибденит*, *виттихенит*, *пирротин*, *сфалерит*, *марказит*, *теннантит*, *полидимит*, *кобальтин*, *штрмейерит*, *самородное серебро*. В первичных рудах 65% меди приходится на долю *халькозина*, 20—25% — на *борнит* и 10—15% — на *халькопирит*.

Балансовые запасы руды составляют 1,375 млрд тонн, меди — 19,95 млн тонн (среднее содержание 1,45%), серебра — 11,9 тысяч тонн (среднее содержание — 9,6 грамма на тонну).

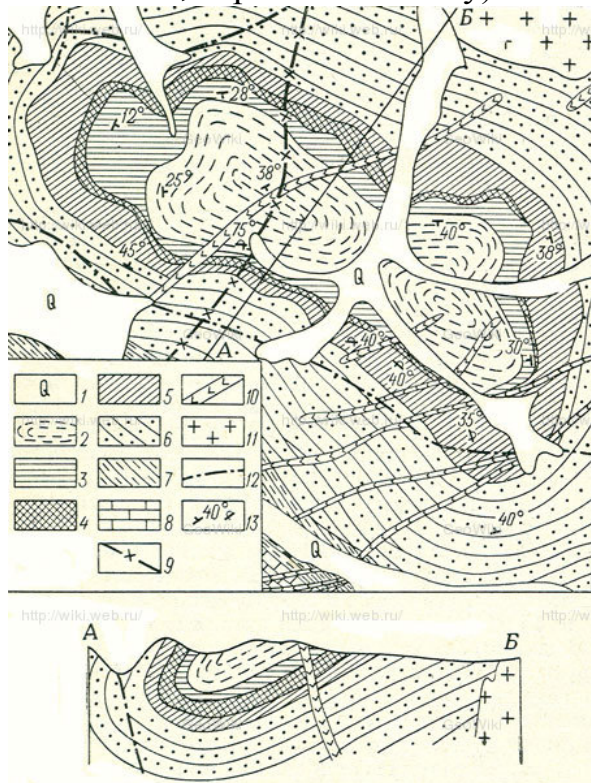


Рис. 1. Схема геологического строения Удоканского месторождения. По Э.Гринталю, В. Чечеткину и др.

1 - четвертичные отложения; 2 - намингинская свита - алевролиты, песчаники, аргиллиты; 3-5 - верхняя подсвита сакуканской свиты: 3 - надрудная пачка - известковистые и кварцитовидные песчаники, алевролиты, 4 - рудная пачка - известковистые и кварцитовидные песчаники, алевролиты, 5 - подрудная пачка - кварцитовидные и известковистые песчаники, алевролиты, конгломератобрекчии; 6 - средняя подсвита сакуканской свиты - магнетитсодержащие песчаники, гравелиты; 7 - нижняя подсвита сакуканской свиты - песчаники, фвлято-видные сланцы, гравелиты, конгломератобрекчии; 8 - бутунская свита - известняки, алевролиты, известковистые песчаники; 9 - дайки граносиенитпорфиров; 10 - дайки габбро-диабазов; 11 - граниты чуйско-кодарского комплекса; 12 - разрывные нарушения; 13 - элементы залегания

вестняки, алевролиты, известковистые песчаники; 9 - дайки граносиенитпорфиров; 10 - дайки габбро-диабазов; 11 - граниты чуйско-кодарского комплекса; 12 - разрывные нарушения; 13 - элементы залегания

Краткая история освоения

Удоканское медное месторождение было открыто в 1949 году.

В 1952 году была образована Удоканская геологоразведочная партия.

Однако период с 1960 по 1965 годы до сих пор остается временем самых существенных достижений по проекту - тогда, в частности, были утверждены запасы для первой очереди освоения Удокана. После отказа от планов по ядерной вскрыши развитие проекта фактически остановилось на 10 лет.

Начало в 1975 году строительства Байкало-Амурской магистрали ознаменовало новый этап изучения Удоканского месторождения. В течение пяти лет была проведена детальная разведка месторождения в контуре карьера (70% от общих запасов медных руд), были проведены полупромышленные испытания валовых проб, а также был реализован комплекс других сопутствующих работ. Итогом этой большой работы стал отчет с подсчетом запасов медных руд Удоканского медного месторождения, который был утвержден Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР (Протокол № 8810 от 21 августа 1981 года).

По мере подхода БАМа к месторождению ТЭО строительства Удоканского ГОКа корректировалось три раза. В 1992 году был проведен международный тендер на право разработки Удоканского медного месторождения. Победителем

тендера была признана «Удоканская горная компания» (УГК), и в конце 1995 года было выполнено ТЭО строительства Удоканского ГОКа с участием компании Minproc. Однако проект не был осуществлен, и в 1998 году лицензия была изъята у УГК.

В конце 1999 года ОАО «Забайкальская горная компания» получила лицензию на доизучение Удоканского медного месторождения сроком на 5 лет. Предполагалась необходимость проведения полупромышленных испытаний проб Удоканской руды с использованием комбинированной флотационно-гидрометаллургической схемы. Московский институт стали и сплавов является разработчиком схемы технологического процесса, проект опытно-промышленной установки выполнен институтом Гипроцветмет. Строительство ОПУ было завершено в 2006 году.

В 2009 году Михайловский ГОК (входит в холдинг «Металлоинвест») получил лицензию на добычу полезных ископаемых на Удоканском месторождении меди.

В июле 2010 года иркутская компания «Сосновгео» начала проведение геолого-разведочных работ для обновления ресурсов и запасов на месторождении в соответствии с кодексом JORC. После их завершения компания SRK Consulting должна была представить заключение по обновленным ресурсам и запасам.

В июле 2010 года опытная установка начала производство концентрата с Удоканского месторождения. Были проведены металлургические тесты компанией SGS Lakefield в Австралии для того, чтобы определить параметры гидрометаллургической технологической схемы, включая автоклавное выщелачивание сульфидной руды и атмосферное выщелачивание окисленной руды.

В августе 2010 года лицензия на разработку Удокана была передана Михайловским ГОКом своей дочерней структуре ООО «Байкальская горная компания».

Актуальный план освоения Удокана предполагает строительство на месторождении промышленного комплекса для переработки 36 млн тонн руды в год с производством 474 тыс. тонн катодной меди и 277 тонн попутного серебра. Запуск первой очереди предприятия (на 12 млн тонн руды) изначально был намечен на 2014 год, но, судя по всему, эти сроки сдвинутся вместе со всеми остальными.

Добычу руды БГК предполагает осуществлять по стандартной карьерной схеме с использованием крупнотоннажных экскаваторов и самосвалов. Согласно текущему плану горных работ, за 23 года предстоит переместить 5,1 млрд тонн пустой породы и руды. Для сравнения, из карьера Лебединского ГОКа "Металлоинвеста" в Белгородской области, считающегося одним из крупнейших в мире, за год сейчас вынимается порядка 100 млн тонн горной массы.

Геофизические работы на Удоканском месторождении

В 2013 году Научно-исследовательским и проектным институтом геологии, инженерных изысканий и экологии по заказу ООО «БГК» проведены комплексные инженерно-геофизические работы с целью уточнения сейсмичности

площадок под хвостохранилище и технологический комплекс для освоения месторождения Удоканское в Забайкальском крае. Изучено профильное и площадное распределение геоэлектрических и упругих параметров грунтовых комплексов верхней части разреза, построены геоэлектрические и сейсмогеологические разрезы, а также карты распределения упругих характеристик по основным объектам месторождения Удоканское в Забайкальском крае: дамбы хвостохранилища, производственный комплекс 28км и технологический комплекс проектируемой фабрики. Выделены возможные зоны распространения приращения балльности на перечисленных участках.

В дальнейшем году также предполагается продолжить инженерно-геофизические работы по данному участку. И встал вопрос о создании базы данных по всем геофизическим работам, выполненных на Удоканском месторождении, для аккумулирования всех полученных за 60 лет результатов инженерно-геофизических изысканий, что позволит, например, производить мониторинг изменения геологической среды. Кроме нынешних работ в БД планируется добавить архивные данные.

БД по Удокану

Данные полученные в результате геофизических работ 1966, 2011 и 2013 гг. на проектируемых площадках Удоканского месторождения были разного вида и типа, для дальнейшего анализа данных необходимо было их структурировать, что даст нам: быстрый поиск и получение информации, простоту обновления информации, уменьшение избыточности файлов и т.д.

В качестве структуры реализации данного проекта выбрана файловая база данных (ФБД). Способ хранения информации в файловой базе данных выбран по нескольким причинам. Во-первых, данные полученные при геофизической съемки и первичной обработки имеют большой объем, и доступ к ним через механизмы реляционных БД будет довольно медленным. Во-вторых, для удобства хранения различной геологической и геофизической информации, таких как карт, разрезов и т.д.

Сначала необходимо было создать структуру директорий, для этого для всех видов работ создаются специальные директории, которые объединены в общий каталог с уникальным именем, создаваемый для каждого года работ. Имена файлов по сокращенному названию метода работ, номеру профиля.

Для визуализации полученной информации применяется программа ArcView, где на топооснову нанесены профили каждого метода по каждому году. Связь ArcView и файловой базы налажена посредством ссылок, хранящихся в таблицах .dbf. На топооснову (слой «pline май») нанесены координаты начала и конца каждого профиля, каждого года, по каждому методу (слои 1966_vez, 2011_mag, 2011_vez, 2011_zsb, 2013_vez, 2013_georadar, 2013_seis), через начало и конец проведены линии, к которым через уже привязаны результаты, например при нажатие кнопки  , на экран, в отдельном окне, выводиться изображение выбранного профиля. Например, при нажатие на линию профиля pr_1_1 в слое vez_2013, будет выводиться геоэлектрический разрез этого профиля (рис.2).

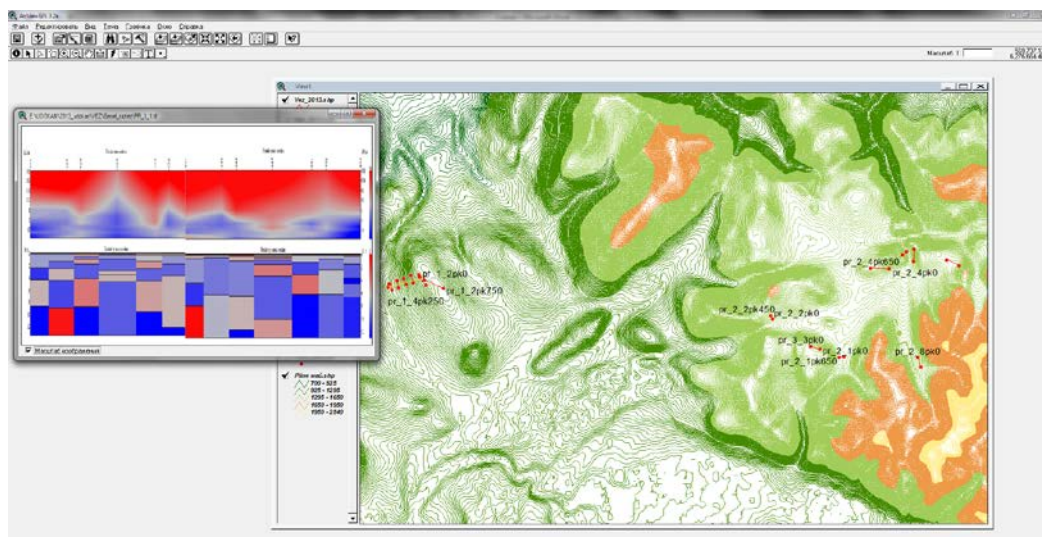


Рис. 2. Геоэлектрическая модель

Список литературы:

1. Рудные месторождения СССР, в 3 т. М., "Недра", 1978, под ред. акад. В.И. Смирнова.
2. <http://www.interfax.ru/business/224375> - статья «Несгибаемый Удокан, или Вскрыша медной горы»
3. http://wiki.web.ru/wiki/Удоканское_месторождение - сайт «Геовикипедия»
4. <http://www.bgk-udokan.ru/> - сайт Байкальской горной компании
5. http://ru.wikipedia.org/wiki/Удоканское_медное_месторождение - сайт «Википедия»
6. Миromanов А.В., Коровин А.Ф. Технический отчет о результатах инженерно-геофизических изысканий с целью уточнения сейсмичности площадок по хвостохранилище и технический комплекс для освоения месторождений Удоканское в Забайкальском крае. Иркутск, 2013.
7. Миromanов А.В., Тарасов И.А. Технический отчет о результатах инженерно-геофизических изысканий для освоения месторождений Удоканское в Забайкальском крае. Иркутск, 2011
8. Гриценко В.С., Фитисов И.Н. Отчет о результатах инженерно-геологических исследований на площадках Удоканского ГОК по 1 варианту за 1963-1966 гг. Том 1. Иркутск, 1966.
9. Третьяков В.Ю., Селезнев Д.Е. Применение геоинформационных систем в геоэкологических исследованиях. Часть 1. ArcView 3.2 Учебно-методическое пособие. — СПб.: Изд-во РГГМУ, 2008. — 208 стр.
10. Лаптенко С.А. Основы геоэкологии и геоинформационных систем. Базовые средства ArcView GIS 3.x. Учебное издание/ - Минск: БНТУ, 2012. - 24 с.: ил. ISBN: 978-985-525-886-6

СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ УДОКАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Вишняков К.А., аспирант, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск, рук. Мироманов доц., к.г.-м.н., Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Введение

Удоканское медное месторождение расположено в 30 километрах южнее железнодорожной станции Новая Чара Забайкальского края России на хребте Удокан. Крупнейшее в стране и третье в мире по запасам меди (около 24,6 млн т). Месторождение находится в зоне распространения вечной мерзлоты в сейсмоопасном районе. Представлены результаты мониторинговых сейсморазведочных работ корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) на участке Удоканского месторождения меди. Полученные результаты в высокой степени доказывают эффективность применяемого метода для анализа и предсказания приближающихся неблагоприятных геодинамических событий.

Проведенные в 2011 и 2013 гг. исследования комплексом инженерно-геофизических методов на проектируемых площадках Удоканского месторождения позволили уточнить геологическое строение на основе анализа распределения геоэлектрических и упругих характеристик грунтов и уточнить распределение приращения балльности предполагаемых землетрясений на указанной территории. Для обеспечения достоверности результатов были также построены результирующие сейсмологические разрезы.

Анализ работ предшественников и текущей активности землетрясений показал необходимость в уточнении распределения упругих характеристик и состояния грунтовой толщи на основе инструментальных исследований. Основной задачей работ инженерно-геофизических методов в 2013 г. было уточнение сейсмичности площадок для размещения технологического комплекса. По полученным данным было подтверждено в основном распределение приращения балльности и выполнена детализация по объектам.

В состав комплекса инженерно-геофизических методов на проектируемых площадках Удоканского месторождения, проводившихся в 2013г входили: сейсморазведка методом КМПВ, ВЭЗ и георадарное профилирование. В дополнение к этому были переобработаны данные ВЭЗ полевого сезона 2011 г для увязки и более объективного представления о структуре разреза.

Полевые работы и интерпретация результатов инженерно-геофизических работ выполнены сотрудниками геофизического отдела НИ ИрГТУНИиПИГИ-ИиЭ под руководством к.г.м.н. А.В. Мироманова.

Общая сейсмологическая характеристика района Удоканского месторождения

В региональном тектоническом плане площадь приурочена к северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны. Предшественниками, в том числе

сотрудниками НИ ИрГТУ и его подразделения научно-исследовательского и проектного института инженерных изысканий, геологии и геоэкологии были детально исследован район размещения площадок проектируемого горно-обогатительного комбината Удоканского месторождения. При этом проведен глубокий анализ геодинамических, геоморфологических, геологических, гидро-геологических и других характеристик изучаемой территории и выполнено достоверное и обоснованное сейсмическое районирование с выдачей карт с распределением балльности предполагаемых землетрясений.

Район расположения месторождения является рискованным с точки зрения сейсмической активности. Сейсмичность территории месторождения и смежных участков составляет 9 – 12 баллов по шкале МСК-94 (равняется 7.5 баллам по шкале Рихтера). Сейсмические центры высокой интенсивности могут иметься вдоль рек Чара и Нижний Ингмакит. На рисунке 1 изображены карты общего сейсмического районирования территории России (ОСР-97), рекомендованные Российской академией наук и Государственным строительным комитетом для применения при строительстве промышленных объектов. Карты показывают вероятность возникновения сейсмического события в течение 50 лет с вероятностью 10%, 5% и 1%. На картах видно, что Удоканское месторождение находится в зоне 10% вероятности землетрясения силой 9 баллов и в зоне 1% вероятности землетрясения силой 10 и более баллов в течение 50 лет.

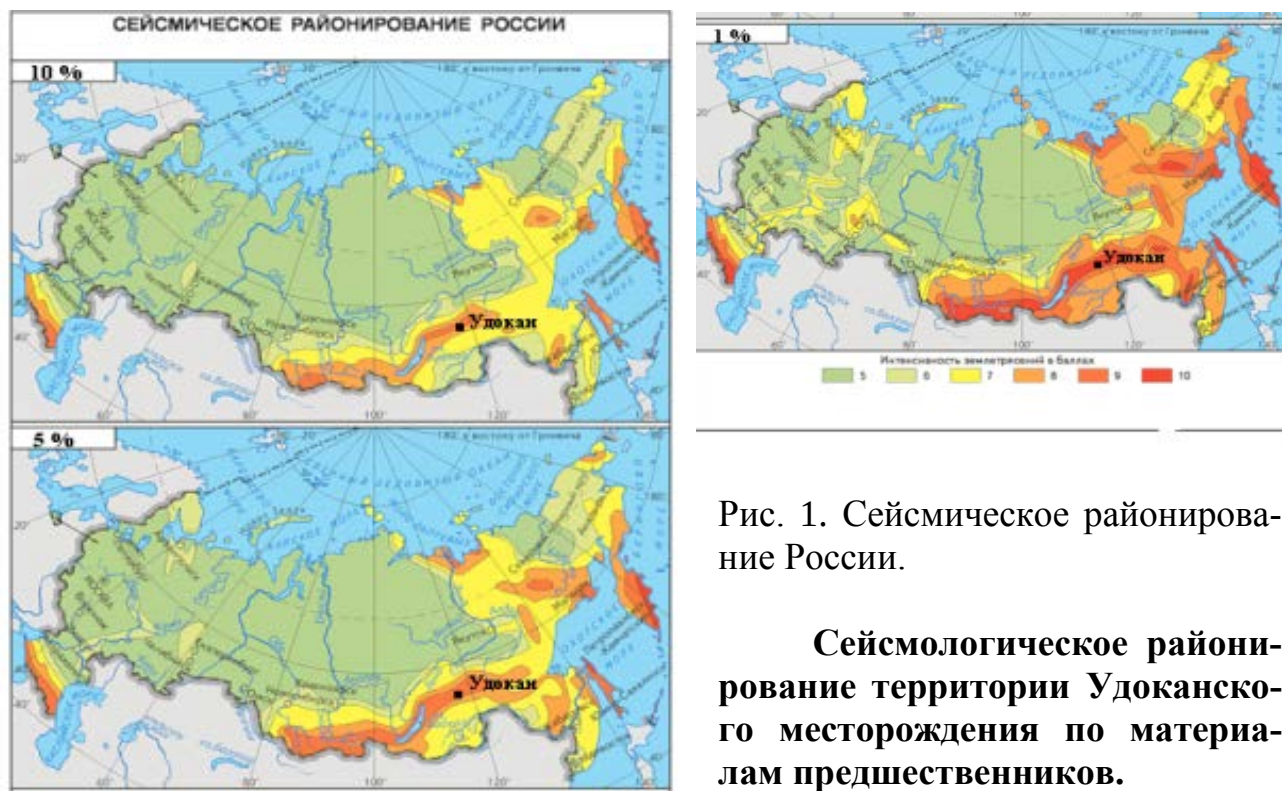


Рис. 1. Сейсмическое районирование России.

Сейсмологическое районирование территории Удоканского месторождения по материалам предшественников.

Карты сейморайонирования, построенные предшественниками, приведены в соответствующих отчетах:

- ОТЧЕТ о результатах инженерно-геологических изысканий на площадках Удоканского ГОК по 1 варианту за 1963-1966 гг. Гриценко В.С.(уже добавлен в БД)

- ОТЧЕТ о результатах дополнительных инженерно-геологических изысканий на участке № 2 первого варианта строительства Удоканского ГОК за 1966-1967 гг. Гриценко В.С.(переводится в цифровой формат)

- ОТЧЕТ о геофизических исследованиях на территории хвостохранилища Удоканского ГОК. Филер Ю.С. 1967г. (переводится в цифровой формат)

- ОТЧЕТ о результатах инженерно-геологических работ на площадках строительства Удоканского ГОКа участок «Западный». Гриценко В.С. 1968г. (переводится в цифровой формат)

- ОТЧЕТ о результатах инженерно-геологических работ на площадках строительства Удоканского ГОКа участок «21 км» по работам 1968г. Гриценко В.С. 1968г. (переводится в цифровой формат)

- ОТЧЕТ о результатах инженерно-геологических изысканий на участках «Левый Сангиях» и «Сангиях» для выбора участка строительства Удоканского ГОК по работам 1968-1969гг. Гриценко В.С. 1969г. (переводится в цифровой формат).

Полевые геофизические работы 1968г проводились методами электроразведки, магниторазведки и сейсморазведки. Электроразведочные работы проводились дополнительно только на участке детализации. Целью работ явилось подтверждение тектонического нарушения субширотного простирания и прослеживаемого дальше в гранитах в виде рва.

Магниторазведочная съемка на участке проводилась с целью выявления и оконтуривания магнитоактивных базальтовых пород, распространенных на участке, выявления и трассирования тектонических нарушений.

Инструментальные сейсмические наблюдения. В 1967г Институтом земной коры СО АН СССР было проведено сейсмическое микрорайонирование строительных площадок Удоканского ГОКа по инженерно-геологическим данным Вост.Сиб. треста инженерно-строительных изысканий (рис. 2). На карте сейсмического микрорайонирования в пределах участка № 2 были выделены УШ и 1Х – балльные районы с разной степенью сейсмической опасности. Однако в то время не предоставлялось возможность оценить сейсмотектоническую ситуацию в центральной части участка в связи с недостатком сведений о пространственном положении, амплитудах смещений и ширине зоны предполагаемых здесь молодых разломов. Это обстоятельство затрудняло оценку не только исходной балльности для всей территории, прилегающей к участку, но и уточнение расчетной сейсмичности в пределах конкретных сейсмических микрорайонов. Кроме того, при составлении карты сейсмического микрорайонирования строительных площадок Удоканского ГОКа / 11 / мы не имели инструментальных данных о спектрах колебаний грунтов и их акустических жесткостей. Все это исключало возможность комплексного определения расчетной сейсмической опасности на конкретных участках.

Для определения сейсмических свойств грунтов были поставлены инструментальные наблюдения амплитудно-частотным методом и методом акустических жесткостей.

Амплитудно-частотный метод предусматривает изучение свойств на основе регистрации землетрясений, что требует иногда очень длительного периода. Для сокращения сроков работ была применена методика крупных взрывов, имитирующих землетрясения.



Рис. 2. Схематическая геолого-тектоническая карта.

Здесь мы приводим их общий вид с тем, чтобы дать представление исходной ситуации с распределением балльности предполагаемых землетрясений, от которой мы начинали при проектировании описанных в настоящем отчете работ и обработке полученной информации в 2013 году (рис. 3,4).

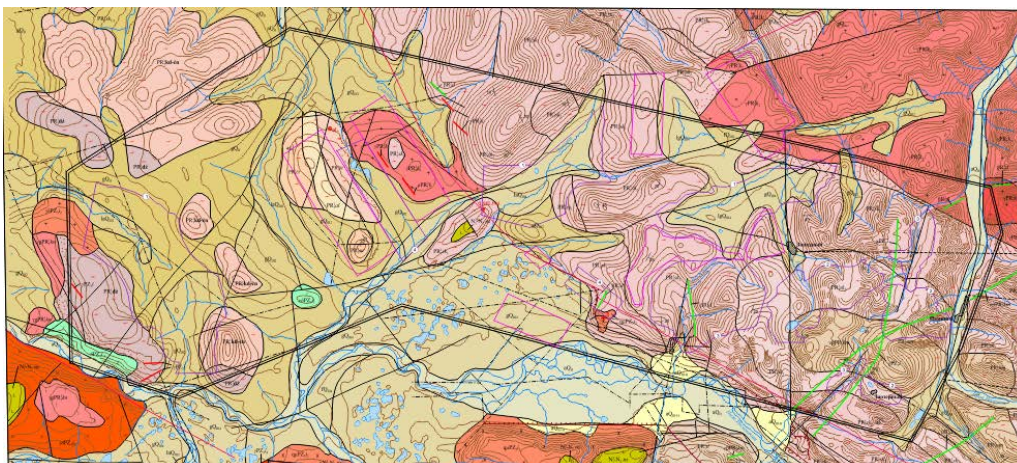


Рис.3. Тектоническая схема района Удоканского месторождения.

Как видно из приведенных рисунков, полученных на предыдущих этапах изучения рассматриваемой территории, район работ отличается развитой тектоникой и активной тектонической активностью. Большая часть площадок проектируемых комплексов горно-обогатительного комбината попадает в зону с максимальной балльностью прогнозируемых землетрясений.

Проведенные в 2013 году комплексные инженерно-геофизические работы, включающие электрические зондирования, георадарное профилирование и сейсмические инструментальные наблюдения.

Электрические зондирования выполняют задачу оценки состояния геологического разреза и выявления таликовых зон и развития многолетне-мерзлых пород. Криогенная характеристика грунтов оказывает значительное влияние на приращение балльности.

Сейсмические инструментальные измерения включали работы корреляционным методом преломленных волн для оценки распределения скоростей упругих колебаний и методом измерения микросейсмических колебаний для оценки и расчета приращения балльности.

Георадарное профилирование позволяет очень детально как по вертикали, так и по горизонтали оценить распределение электромагнитных характеристик и на этом основании прокоррелировать изменение других, например упругих характеристик, на остальную территорию от участков, где были проведены соответствующие электроразведочные и сейсморазведочные работы.

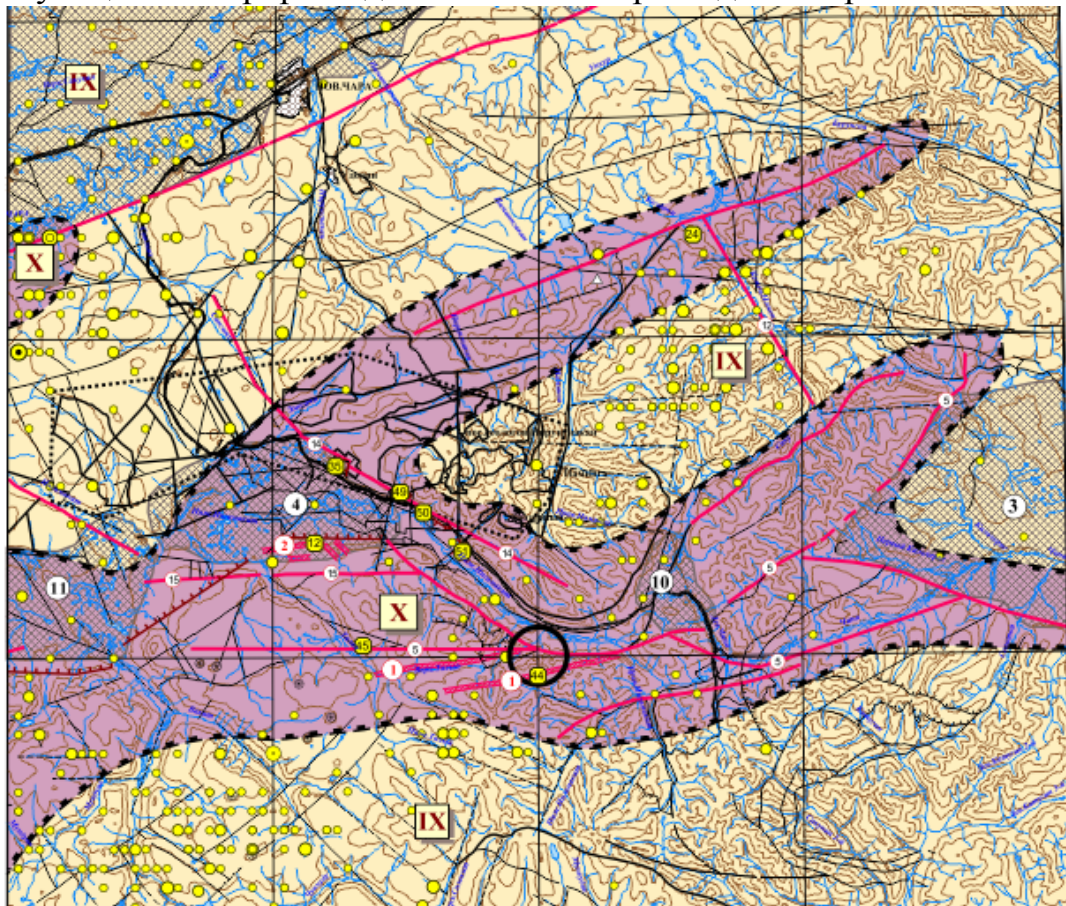


Рис.4. Сейсмическое районирование района Удоканского месторождения.

Методика работ методом КМПВ.

Основной задачей, решение которой предполагалось осуществить сейсмическими методами, являлось расчленение разреза по сейсмическим свойствам с определением скоростей распространения упругих волн и глубины залегания преломляющих горизонтов. В соответствии с поставленными задачами определена методика полевых сейсмических наблюдений, по которой были отработаны сейсмосонды.

Полевые профильные наблюдения проводились методом преломленных волн (МПВ) по схемам Z-Z (продольные волны) и микросейсмические колебания на открытом канале. Шаг между пикетами приема - 2 м, шаг между пикетами источника - 46 м, длина расстановки - 46 м, максимальная длина географа - 92 м.

Для регистрации упругих колебаний была использована сертифицированная 24-х канальная сейсмостанция «Лакколит-24М» (рис. 5). Управление сейсмостанцией осуществляется программно с управляющего полевого блока. Программа позволяет устанавливать параметры регистрации и воспроизведения, а также рассчитывать спектры трасс и производить их фильтрацию.

Запись сейсмической информации производится на жесткий диск в формате SEG-Y.

В качестве источника возбуждения продольных волн использовались вертикальные удары 5-ти кг кувалды по металлической подложке. Количество накоплений до 4.



Рис. 5. Сейсморазведочная станция Лакколит - 24М.

Обработка материалов КМПВ выполнялась в пакете обрабатывающих программ RadExProPlus, разработанном ООО «ДекоГеофизика». Эта система позволяет осуществить весь процесс обработки данных КМПВ: чтение и визуализацию сейсмограмм, фильтрацию и различного рода усиление

трасс, корреляцию первых вступлений, построение и редактирование годографов, определение скоростей упругих волн и построение преломляющих границ.

УДК 622.7

РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Ольховик А. П., аспирант, НИ ИрГТУ г. Иркутск

Наблюдаемый нами климат зависит от множества параметров, в данном исследовании я выбрал несколько из них, которые, по моему мнению, могут наглядно продемонстрировать те изменения, которые происходят на протяжении последних 40 – 50 лет.

1. **Среднегодовая температура** (далее СТ) – главный климатический показатель, зависит от количества солнечной радиации, которую получает поверхность, и сезонных изменений циркуляции атмосферы, измеряется в °С.

2. **Парциальное давление водяного пара** (далее ПДВП) – водяной пар является основным поглотителем как солнечной, так и земной радиации, оказывает существенное влияние на тепловой режим земной поверхности и атмосферы. Представляет собой давление водяного пара в воздухе, выраженное в гектопаскалях или в миллибарах (mb).

3. **Толщина снежного покрова** (далее ТСП) – одна из важнейших характеристик регионального климата: отражает большую долю солнечных лучей и, обладая большой излучательной способностью, содействует выхолаживанию поверхности.

Факт повышения глобальной температуры воздуха уже не подлежит сомнению – это отмечено во множестве работ ученых по всему миру. [1,2,3] Потепление климата происходит и на территории Иркутской области и комплекс вышеперечисленных параметров – одно из самых ярких подтверждений этому. Существует связь между этими тремя параметрами, а именно повышение значение любого из них влечет за собой повышение и остальных параметров.

Источник данных

Для данного исследования были собраны и обработаны массивы данных с 1970 по 2010 годы. Они были получены с портала Всероссийского Научно-Исследовательского Института Гидрометеорологической Информации – МЦД [4].

Каждый массив содержит записи фиксированной длины 83 байта, с символом конца строки. Каждая запись содержит 14 полей с фиксированным положением в записи и фиксированной длиной (см.1). Дополнительно, все поля записи отделены друг от друга символом “пробел”.

Такое “двойное” форматирование записи позволяет использовать любой из наиболее употребительных способов разделения полей при вводе данных в

программные средства хранения (СУБД), электронные табличные процессоры, статистические пакеты и средства графического представления информации.

Фрагмент файла данных:

20946	1961	1.9	1.6	2.8	2.7	3.4	6.2	9.2	8.6	6.7	5.6	3.6	1.7
20946	1962	1.2	2.0	1.4	3.5	4.4	5.8	7.9	6.6	6.7	4.2	4.3	0.7
20046	1958	-21.1	-25.4	-27.4	-19.9	-9.5	-1.8	1.0	-0.5	-0.4	-11.6	-19.3	-27.0
20046	1959	-28.6	-26.3	-23.8	-16.6	-8.6	-0.9	1.1	0.8	-1.4	-5.2	-10.1	-17.9
20046	1960	-20.5	-32.9	-27.2	-19.9	-7.3	-0.6	1.4	-0.1	-2.2	-12.4	-21.9	-22.4

Файлы данных подвергнутся статистической обработке – расчет необходимых параметров, которые в дальнейшем будут визуализированы для более наглядной оценки их изменения.

Результаты

Площадь Иркутской области равна 774 864 км², количество метеостанций покрывающих ее по всей площади и в смежных субъектах РФ равно 58. Расположение этих метеостанций легло в основу интерполяционной сети, однако, не для всех параметров число метеостанций одинаково. Из-за экономических причин, количество станций, которые могут предоставить наиболее полный массив данных уменьшилось до 44. Тем не менее, получившаяся сеть (рис.1) максимально плотно покрывает необходимую нам территорию.

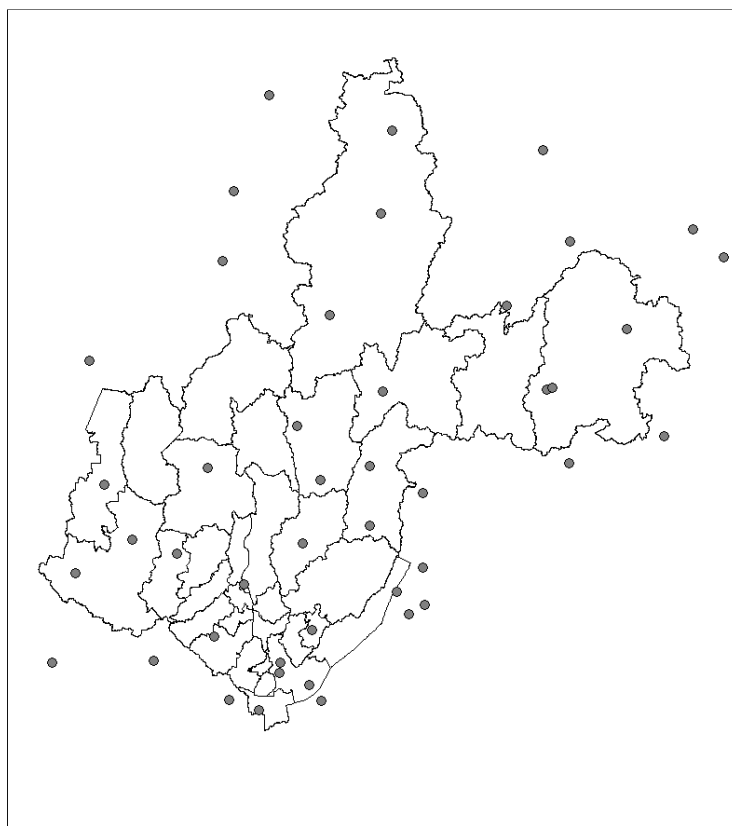


Рис. 1 Сеть для интерполяции данных

В моих ранних исследованиях, я производил расчет величин для всей территории Иркутской области, но для повышения точности моих расчетов было принято решение разделить территорию на три района: Север, Восток и Запад (рис.2). При этом учитывались основные факторы, влияющие на климат:



рельеф, близость крупных водоемов и т.д.

Анализ основных параметров будет производиться по каждому району отдельно, но результирующая оценка будет дана по изменению климатической обстановки в целом регионе. Все расчеты будут проведены с помощью ГИС MapInfo с подключаемым модулем Vertical Mapper.

Рис.2 Районы

Район «Север»

Является самым большим по площади, так же его можно отнести к самому холодному и снежному. Расчеты СТ, как и для других районов, представляют собой осредненное значение месячной температуры в течение одного года. На рис.3 представлена диаграмма, показывающая изменение СТ в диапазоне от -7°C до -2°C и линию тренда, по которой видно что существует положительный тренд изменения СТ равный $\beta = 1,4^{\circ}\text{C}/40$ лет.

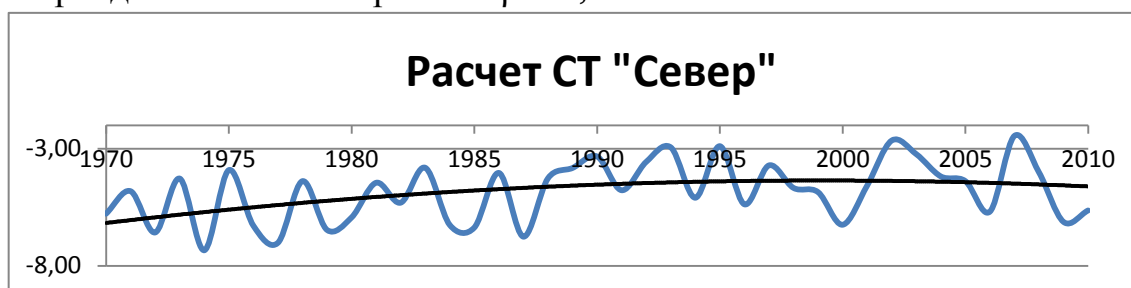


Рис.3 Диаграмма «Расчет СТ Север»

Следующий параметр ПДВП измеряется в гПа, расчет представляет собой значение ПДВП в каждом месяце года. Из которых было рассчитано среднее значение для каждого календарного года. На рис. 4 видно, что линия тренда имеет положительную направленность и равна $\beta = 0,72$ гПа/40 лет.



Рис.4 Диаграмма «Расчет ПДВП Север»

Третий параметр из данного комплекса – ТСП, имеет несколько более сложное значение. Для оценки продолжительности залегания снежного покрова использовалось число дней с покрытием снегом более 50 % территории вокруг метеостанции [5].

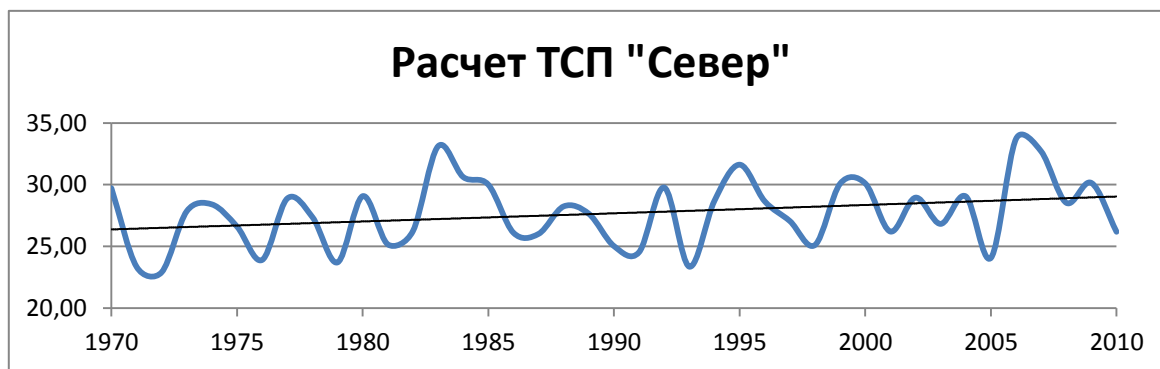


Рис.4 Диаграмма «Расчет ТСП Север»

Из диаграммы 4 видно, что и в изменениях толщины снежного покрова существует положительная тенденция $\beta = 22$ мм/40 лет.

Район «Восток»

Район «Восток» примечателен тем, что большое влияние на климат здесь играет близость к крупному водоему, а именно оз. Байкал и несколько другой рельеф, чем в районе Север. Именно поэтому на рис.5,6,7 видно что такие параметры как: диапазон значений, линии тренда отличаются от предыдущих расчетов. Так же можно сказать, что ТСП значительно меньше и все остальные линии тренда имеют значительно меньшую величину β .

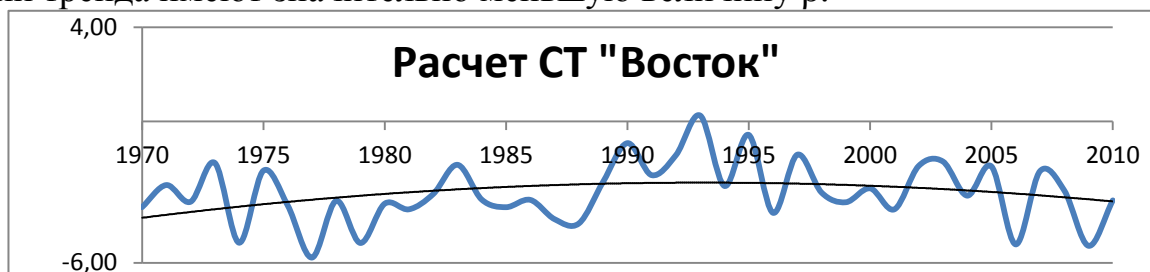


Рис.5 Диаграмма «Расчет СТ «Восток»

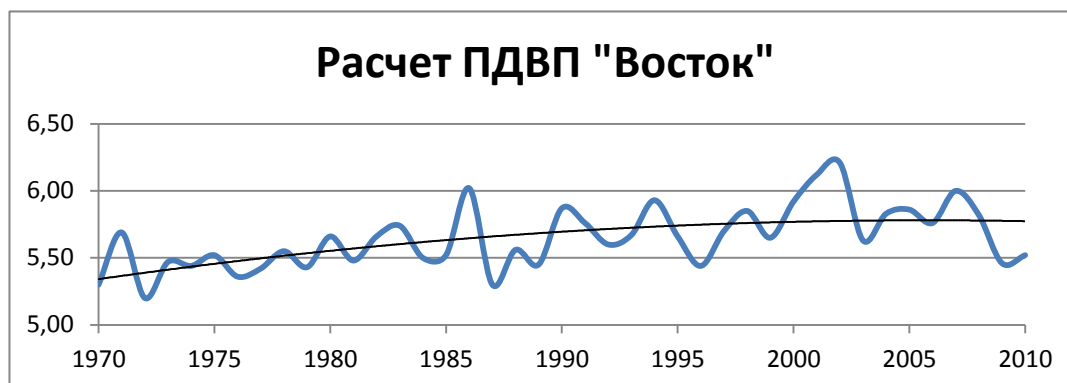


Рис.6 Диаграмма «Расчет ПДВП «Восток»

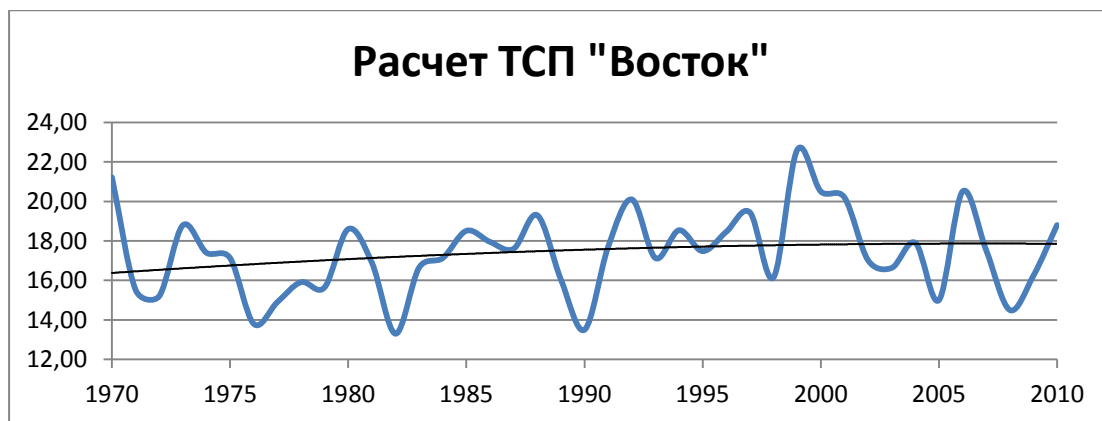


Рис.7 Диаграмма «Расчет ТСП «Восток»

Район «Запад»

На климатическую обстановку данного района влияет наличие Братского водохранилища и горных хребтов в Юго-Западной части. Так же здесь присутствует довольно большие по площади водоемы (Братское водохранилище).

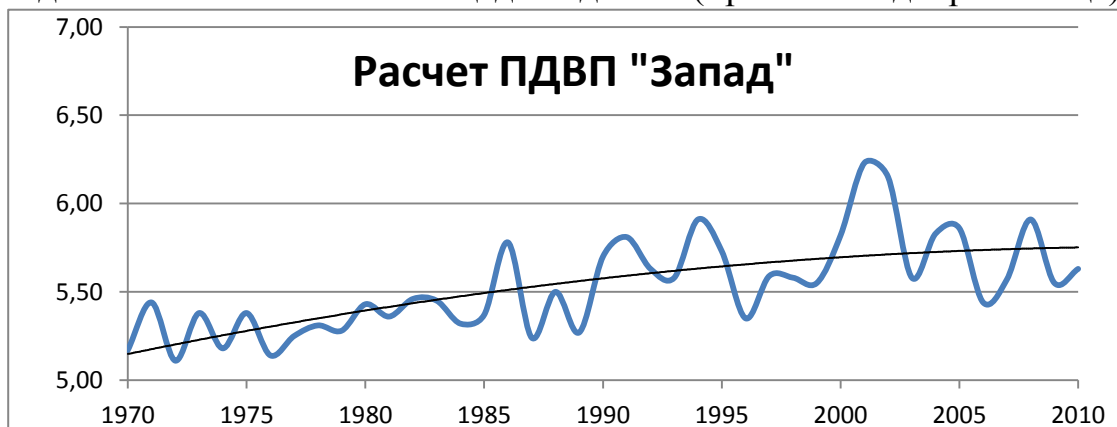


Рис.8 Диаграмма «Расчет СТ Запад»

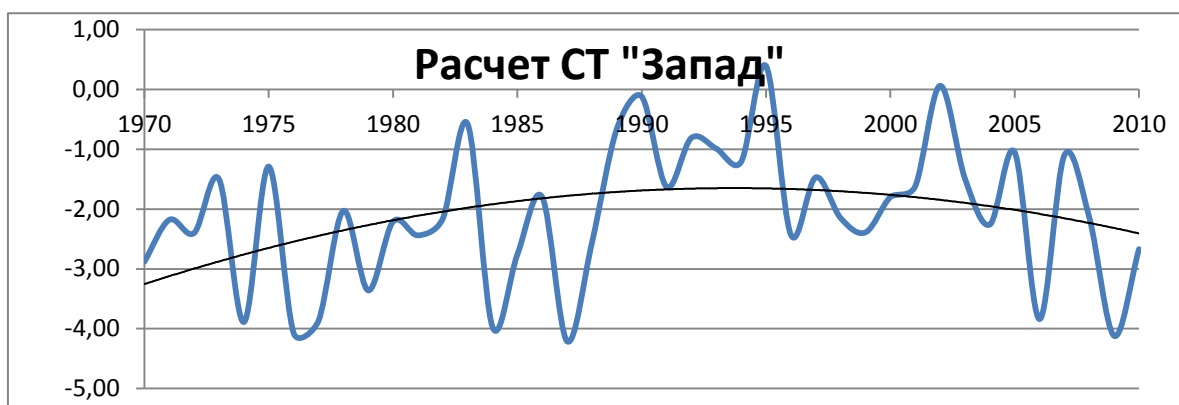


Рис.9 Диаграмма «Расчет ПДВП Запад»

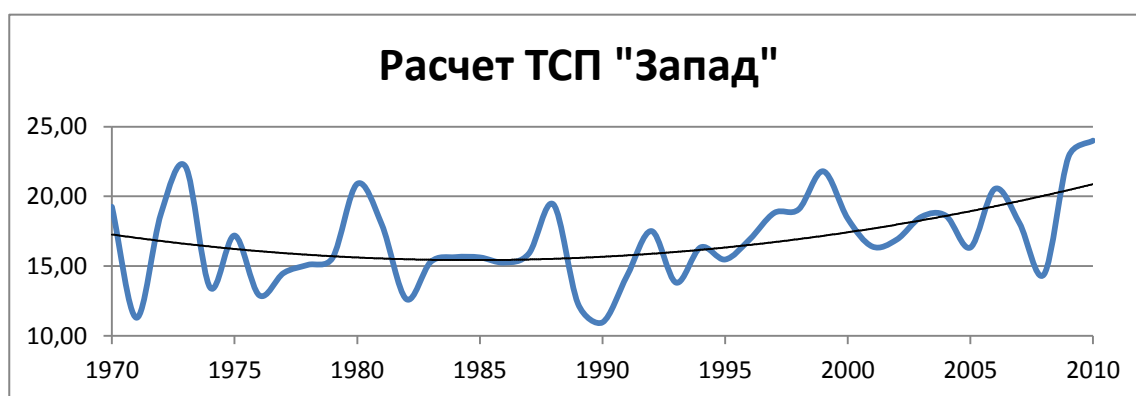


Рис.10 Диаграмма «Расчет ТСП Запад»

Итоговая таблица

Район	СТ	ТСП	ПДВП
Север	$\beta = 1,4^{\circ}\text{C}/40$ лет	$\beta = 22 \text{ мм}/40$ лет	$\beta = 0,72$ гПа/40 лет
Восток	$\beta = 0,7^{\circ}\text{C}/40$ лет	$\beta = 16 \text{ мм}/40$ лет	$\beta = 0,45$ гПа/40 лет
Запад	$\beta = 0,6^{\circ}\text{C}/40$ лет	$\beta = 32 \text{ мм}/40$ лет	$\beta = 0,57$ гПа/40 лет

Заключение

Проанализировав полученные данные, мы можем сказать, что на территории Иркутской области происходят постепенные изменения климатической обстановки, а именно: существует положительный тренд роста всех описанных параметров; существует прямая линейная зависимость между анализируемыми параметрами; наиболее резкие изменения происходят в северной части Иркутской области, линия тренда возрастает практически линейно; в южных частях изменения климатических параметров носит циклический характер – увеличение к 1990 году с последующим снижением, но все равно сохраняется положительная динамика всех параметров.

Список литературы

1. Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Кузнецова В.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т. Анализ изменчивости климата на территории России в последние десятилетия // Труды ВНИИГМИ-МЦД.– 2000.– Вып.167.– С.3–
2. Коньгин Е.А. Изменчивость распространения сезонного снежного покрова на территории СССР // Труды ГМЦ.– 1990.– Вып. 304. – С. 92–95.
3. В.Н. Кузнецова, Н.В. Швець АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ
4. <http://meteo.ru/>
5. <http://geographyofrussia.com/snezhnyj-pokrov/>

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ АЭРОСИСТЕМ ДЛЯ ПОИСКА ПРОЯВЛЕНИЙ КИМБЕРЛИТОВОГО МАГМАТИЗМА.

Шкиря М. С., ст. гр. РТФ - 10 - 1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск.

Белов В.А., ст. гр. РТФ - 10 - 1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск.

Давыденко Ю. А., доц. ИрГТУ, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск.

В настоящее время геологоразведочными предприятиями «АЛРОСА» проводится большой объем работ на территории Якутской алмазоносной провинции, направленный на поиски кимберлитовых тел в сложных геологических условиях. Ресурс алмазоносных кимберлитовых тел, которые находятся в относительно благоприятных условиях для обнаружения традиционным поисковым геолого-геофизическим комплексом, практически исчерпан. Большие поисковые перспективы связываются с площадями, перекрытыми трапповым покровом. Траппы характеризуются высоким электрическим сопротивлением, поэтому они не оказывают экранирующего влияния на электромагнитные поле, что является благоприятным фактором для применения электроразведки во временной области зондирование методом переходных процессов (ЗМПП).

Основы метода переходных процессов.

Метод ЗМПП основан на изучении затухания магнитного поля вихревых токов, возникающих в электропроводных средах при изменении первичного питающего магнитного поля. Первичное магнитное поле создается пропусканием по замкнутой незаземленной петле импульсов тока [3]. В классическом варианте метод предполагает измерения полезного сигнала после выключения питающего тока (off-time режим). Эта особенность обеспечивает методу ЗМПП преимущество в отношении сигнал/шум по сравнению с частотным режимом измерения. Измерения спада сигнала (dB/dt) производятся на определенных задержках времени после выключения питающего тока вплоть до начала нового импульса. В общем виде от объекта, находящегося на большей глубине, сигнал приходит в более позднее время. Различают самолетные (рис.1а) и вертолетные (рис.1б) электроразведочные системы.

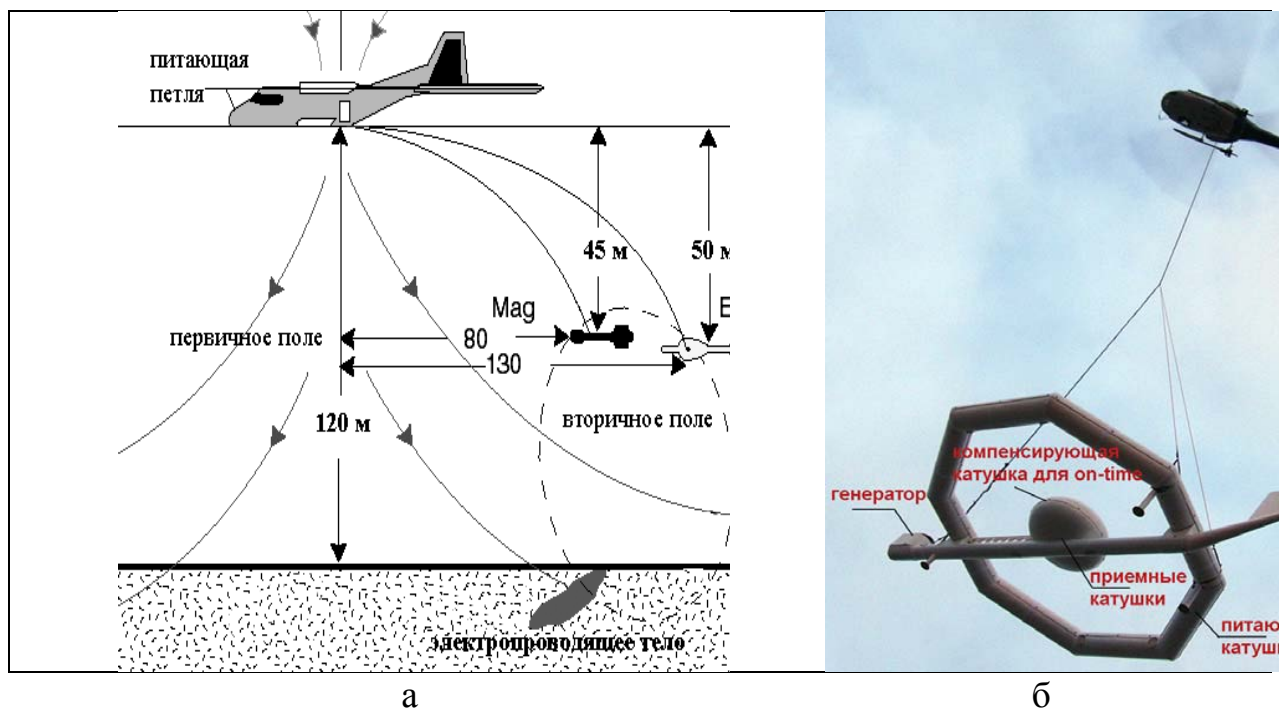


Рис.1. Схема самолетной (а) и вертолетной (б) систем.

Ниже приведены результаты исследования, выполненного в рамках договора, целью которого являлось определение оптимальных параметров различных аэросистем для поиска кимберлитовых тел на территории Якутской алмазоносной провинции. В результате было сделано следующие:

- дан обзор информации по параметрам существующих НТЕМ-систем в России и за рубежом, их анализу применительно к решению поисковых и геокартировочных задач в высокоомных средах. Особое внимание уделено ведущим мировым НТЕМ-системам: SkyTEM, HELITEM, AeroTEM и VTEM, а также российским разработкам – Импульс и Экватор[2];

- проведено многовариантное трехмерное компьютерное моделирование для нескольких НТЕМ-систем от наборов моделей геологической среды, наиболее полно характеризующих геолого-поисковые ситуации в пределах Малоботуобинского алмазоносного района.

Подробно рассмотрены четыре аэросистемы, которые получили наибольшее распространение при выполнении аэроэлектроразведочных работ и являются наиболее перспективными для применения с целью поиска кимберлитовых тел в Малоботуобинском алмазоносном районе.

Аэроплатформа **SkyTEM** выгодно отличается возбуждением двух чередующихся импульсов тока, отличающихся по силе тока примерно в 10 раз, что позволяет качественно изучать ранние времена переходного процесса, где аномалия от кимберлитового тела наибольшая по амплитуде. Данная платформа имеет весьма раннее начальное время регистрации – 8 мкс. Это делает платформу **SkyTEM** потенциально хорошим инструментом для поиска небольших кимберлитовых тел.

Среди модификаций платформ VTEM необходимо отметить **VTEM^{Plus}**, которая характеризуется 45 каналами измерения переходного процесса, с начальным временем после выключения тока всего **18 мкс**. Это позволяет регистрировать аномальный эффект от кимберлитовых тел на ранних временах, где аномалия, вызванная кимберлитовым телом, наибольшая.

Платформа **HELITEM** характеризуется огромным дипольным моментом, достигающим $2\,000\,000\text{А}\cdot\text{м}^2$, и предназначена главным образом для глубинных исследований.

Все изученные платформы возбуждают электромагнитное поле различными формами импульса: SkyTEM – прямоугольный, AeroTEM – треугольный, VTEM – полигональный, HELITEM – полусинус, что может быть важно для возбуждения процессов вызванной поляризации (ВП), которые в условиях Якутской алмазоносной провинции являются как помехой, так и важным индикатором возможной связи аномалии с кимберлитовой трубкой.

Сравнение эффективности различных аэросистем.

Для оценки эффективности вертолетных электроразведочных систем, работающих во временной области, была рассмотрена характерная геологическая ситуация Малоботуобинского алмазоносного района: кимберлитовая трубка общей площадью 1,5 Га перекрыта 45 метрами траппов. Результаты 3Dмоделирования иллюстрирует рис. 2. Согласно выполненным расчетам при измерении непосредственно над кимберлитовой трубкой максимальная величина аномалии для системы VTEM^{PLUS} составляет 58% и находится во временной области 10-25 мкс.

Система HELITEM отличается очень большим начальным временем измерения – 175 в off-time режиме. Согласно полученным данным максимальная величина аномалии, составляет всего 4% от фона, что обусловлено очень поздними начальными временами измерений, к началу которых аномалия от кимберлитовой трубки уменьшается до единиц процентов.

Наибольший электромагнитный отклик от кимберлитового тела может быть зарегистрирован с использованием аппаратуры SkyTEM, интенсивность аномалии составит 73 % относительно фона. Здесь проявляются преимущества прямоугольного генераторного импульса тока для картирования первых 50 метров от поверхности. Применение генераторного импульса в виде полусинуса возбуждает менее высокочастотную составляющую электромагнитного поля, поэтому аномалия для AeroTEM менее интенсивная и более расплывчатая при измерении вдоль профиля. Меньшая величина аномалии для аэрокомплекса AeroTEM также обусловлена большими начальными временами регистрации – 40 мкс против 8 мкс у SkyTEM. Значительно менее интенсивная аномалия (10% от фона), согласно расчетам, будет получена у аэрокомплекса Экватор. Это обусловлено дополнительным поднятием вверх измерительного датчика на высоту 35 метров относительно генераторного контура, а также относительно большим начальным временем регистрации[1].

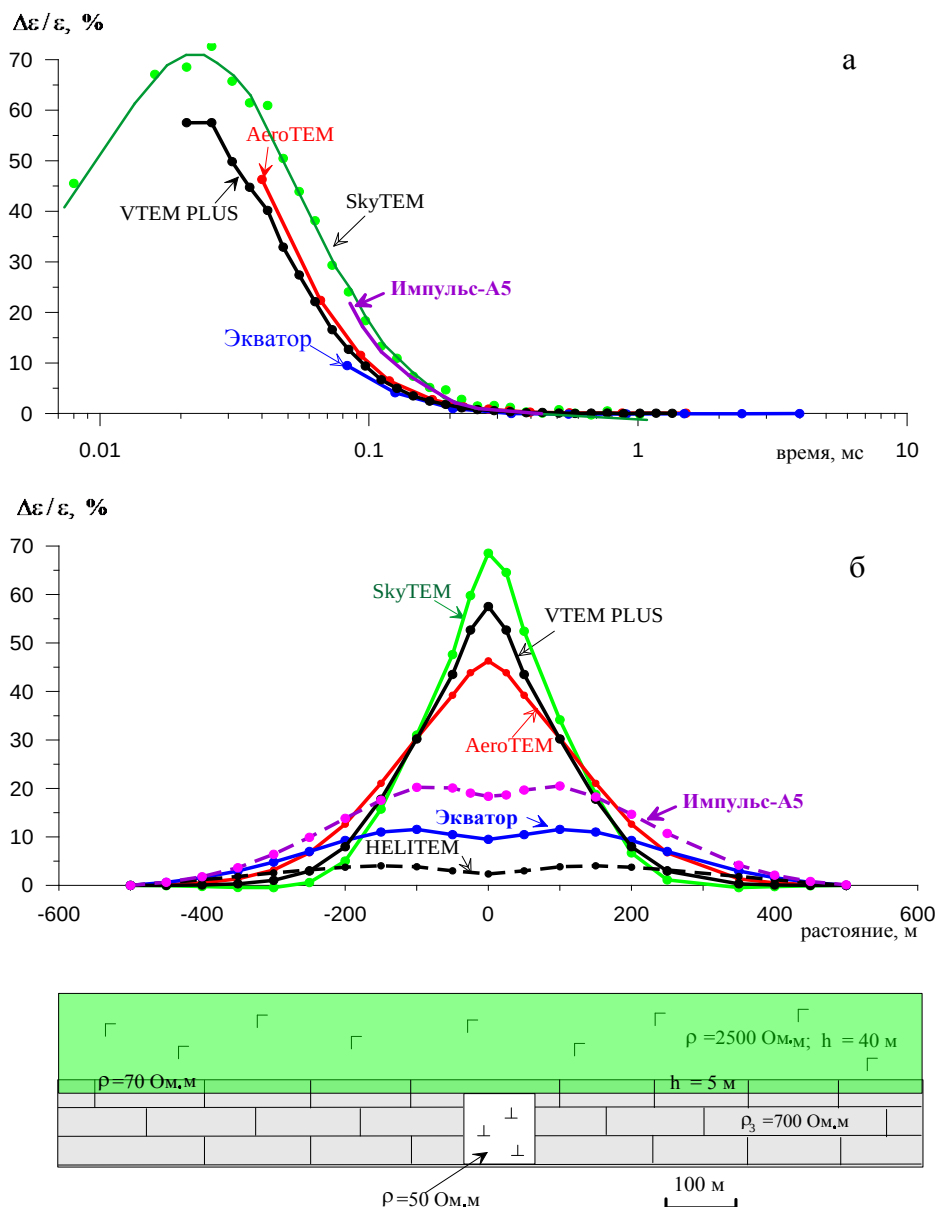


Рис. 1. Величина аномалии над моделью кимберлитового тела перекрытого трапповым массивом при использовании SkyTEM, AeroTEM, Экватор, VTEM-PLUS, Импульс-А5 и HELITEM: а - зависимость интенсивности аномалии от времени, зондирование выполнено над эпицентром трубки. б - изменение интенсивности аномалии вдоль профиля. Размер кимберлитовой диатремы 100x150 м, высота полета 30 м, измеряется Z компонента электромагнитного поля.

Выводы.

- Математическим моделированием изучена эффективность используемых в России и за рубежом вертолетных TEM-систем: AeroTEM, SkyTEM, VTEM^{PLUS}, HELITEM, Экватор и Импульс-А5 для поиска кимберлитов. Показано, что максимальная разрешающая способность аэроэлектроразведочных систем может быть достигнута в пределах трапповых массивов, для этого аппарата должна измерять ранние времена переходного процесса (с 20 мкс).

- Наиболее информативная съемка с регистрацией максимального электромагнитного отклика (аномалии) от кимберлитового тела может быть реализована с использованием систем VTEM^{PLUS} и SkyTEM. Большие начальные времена регистрации системы HELITEM делают бессмысленным её применение для поиска кимберлитов в условиях Мирнинского алмазоносного района.

- Результаты моделирования показали, что определение местоположения кимберлитовых тел возможно при их диаметре не менее 200 м. и наличием перекрытых трапов мощностью не более 100 м. Прямое обнаружение более мелких тел является маловероятным.

Благодарности.

Автор выражает признательность автору основного текста отчета, к.т.н. Стогнию В. В.

Литература.

1. Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Мойланен Е.В. Новая вертолетная электроразведочная система “Экватор” для метода АМПП. // Приборы и системы разведочной геофизики. 2010, № 2, с.49-52.

2. Приходько А.Ю. Аэроэлектроразведка: возможности, состояние и перспективы // Разведка и охрана недр. 2005 - № 12. С. 73-79.

3. Стогний В.В., Коротков Ю.В. Поиск кимберлитовых тел методом переходных процессов. Новосибирск: Изд-во “Малотиражная типография 2D”, 2010 – 121 с.

УДК 550.837.82

МЕТОДИКА ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ПРОГНОЗА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БУРЕНИЯ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН НА КОВЫКТИНСКОМ ГКМ МЕТОДОМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ

Ильин А.И., Буддо И.В., Агафонов Ю.А., Мисюркеева Н.В. ЗАО «Иркутское электроразведочное предприятие»

Вахромеев А.Г. Иркутский филиал ООО РН-Бурение

ВВЕДЕНИЕ

Геологический разрез Ковыктинского газоконденсатного месторождения (КГКМ) характеризуется сложными горно-геологическими условиями бурения. Основные технологические осложнения при бурении поисково-разведочных скважин связаны с поглощением бурового раствора и вскрытии зон с аномально высоким пластовым давлением (АВПД) насыщающего флюида (высокоминерализованная пластовая вода) [1].

ВИДЫ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН НА КГКМ

Самым тяжелым и опасным осложнением в процессе бурения на Ковыктинском ГКМ является вскрытие объектов с АВПД, приуроченных к галогенно-карбонатной гидрогеологической формации. Величина пластового давления в зонах АВПД значительно превышает величину, соответствующую градиенту пластового давления для разреза Ковыктинского месторождения. Вскрытые бурением объекты с АВПД приурочены к межсолевым трещинно-кавернозным карбонатным пластам насыщенным высокоминерализованными пластовыми водами (рапой). В настоящее время отсутствуют надежные методики прогноза наличия таких зон, выполняемые до начала бурения скважины.

Самым распространенным осложнением при бурении скважин на Ковыктинском ГКМ является поглощение бурового раствора вплоть до катастрофического. При бурении в надсолевом терригенно-карбонатном комплексе поглощения были встречены практически во всех скважинах. Поглощающие горизонты приурочены к терригенным и карбонатным породам ордовика и верхоленской свиты. Низкие пластовые давления и трещинно-пористый терригенный коллектор и трещиноватый карбонатный коллектор обуславливают высокую вероятность поглощения бурового раствора. При бурении в галогенно-карбонатном комплексе вероятность вскрытия зон поглощения бурового раствора наиболее высокая в келорском и бильчирском горизонтах. С увеличением глубины бурения вероятность вскрытия зон поглощения уменьшается. Условия поглощения бурового раствора возникают при превышении величины пластового давления или давления гидроразрыва пласта гидростатическим давлением столба бурового раствора в скважине.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИН

Выбор конструкции скважины на этапе проектирования основан на анализе графика совмещенных давлений (рис. 1). При составлении данного графика геологический разрез разделяют на интервалы с технологически совместимыми и несовместимыми условиями бурения. Разделение на интервалы осуществляется по теоретически ожидаемым пластовым давлениям и давлениям начала поглощения. Интервалы несовместимых условий бурения должны быть разобщены обсадными колоннами.

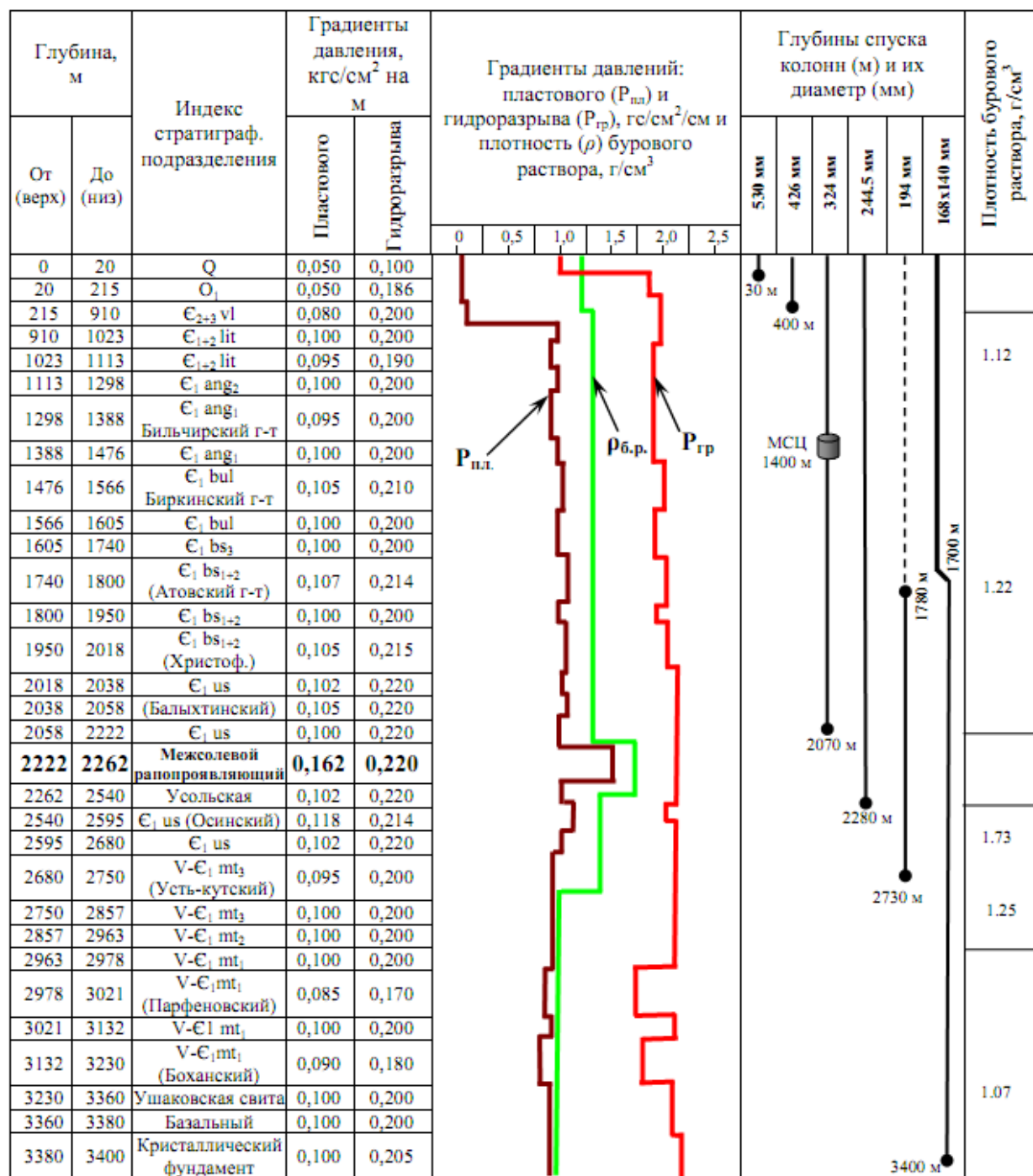


Рис. 1. График совмещенных давлений и проектная конструкция скважин Ковыктинского ГМК (Чиканского ГМК).

Не имея достоверной информации о наличии в разрезе поглощающих, а тем более опасных проявляющих горизонтов, в процессе проектирования скважины невозможно определить оптимальную конструкцию. На рис. 1 представлен график совмещенных давлений и типовая «тяжелая» конструкция разведочных скважин на Ковыктинском ГМК.

Горно-геологические условия Ковыктинского ГМК являются определяющим фактором в выборе конструкции скважины. Поэтому прогноз условий

бурения до начала строительства скважины может существенно сократить стоимость бурового процесса и определить оптимальную конструкцию.

Применение метода ЗСБ для прогноза условий бурения позволяет определить по электрическим характеристикам вероятность присутствия горизонтов, насыщенных высокоминерализованными растворами [4]. Основным изучаемым параметром в методе ЗСБ является удельное электрическое сопротивление (УЭС) горных пород [5]. Контраст электрического сопротивления горных пород зависит от коллекторских свойств и типа насыщающего флюида. В связи с этим, в геологических условиях Ковыктинского ГКМ метод ЗСБ является эффективным инструментом для изучения рассолонасыщенных горизонтов-коллекторов с водным или гидроминеральным насыщением. Высокая минерализация пластовых вод (рассолов) галогенно-карбонатной гидрогеологической формации определяет аномально низкие значения электрического сопротивления объектов с АВПД [2].

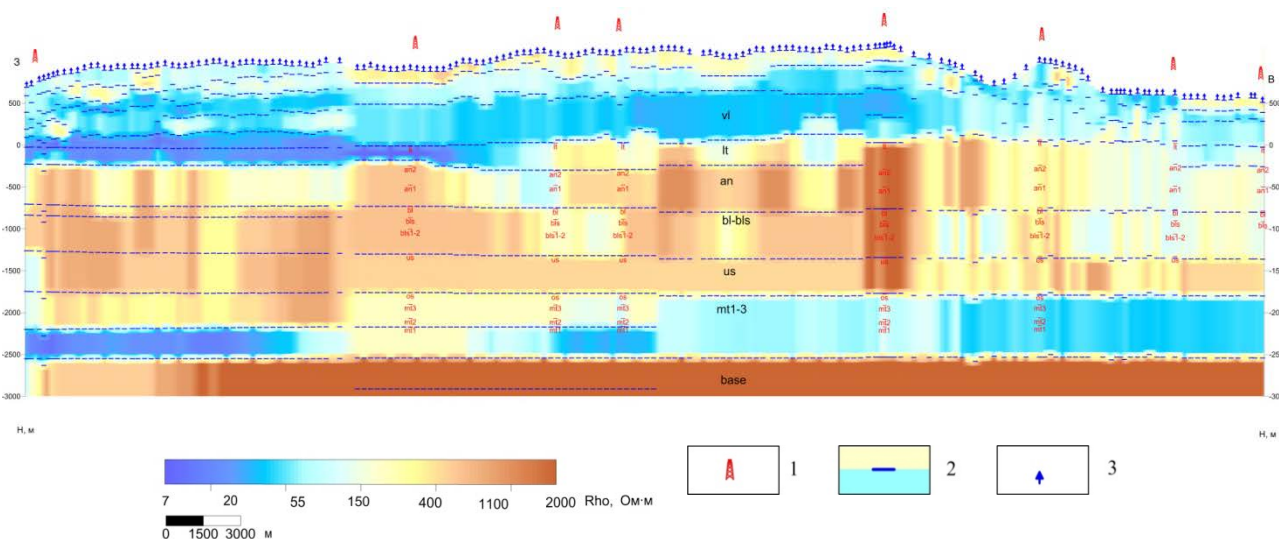


Рис. 2. Геоэлектрический разрез на Ковыктинском ГКМ.

1 – скважины глубокого бурения, 2 – геоэлектрические горизонты, 3 – пункты ЗСБ

На Ковыктинском ГКМ и прилегающих территориях более 20-и лет проводятся полевые исследования методом ЗСБ с целью изучения рассолоносных горизонтов и связанных с ними опасных проявлений АВПД, в том числе в районах скважин, вскрывших такие объекты. Разрез осадочного чехла Ковыктинского ГКМ характеризуется сложным неоднородным геоэлектрическим строением. Наиболее проводящие зоны отмечаются в отложениях верхоленской, литвинцевской, усольской и мотской свит. Всего в разрезе осадочной толщи выделено восемь основных геоэлектрических горизонтов, приуроченных к породам венд-кембрийского, кембрийского и ордовикского возраста:

- отложения верхней части разреза;
- отложения литвинцевской свиты;
- отложения ангарской свиты;
- отложения бельско-булайского комплекса;
- отложения усольской свиты;

- отложения подсолевого карбонатного комплекса;
- отложения подсолевого терригенного комплекса;
- кристаллические породы фундамента.

В процессе бурения скважин на Ковыктинском ГКМ в разрезе надсолевой и соленосной формаций возникают осложнения, проявляющиеся, главным образом, поглощениями промывочной жидкости. При проходке пород соленосной формации происходили интенсивные самоизливы рассолов и их выбросы. Они отмечены в юго – восточной части месторождения (скв. 1-Грузновская), его центре (скв. 3 и 26 Ковыктинские). Наиболее сильные рапопроявления были вскрыты скв. №№ 18, 52, 60, 61 и 64 Ковыктинскими на северо-востоке месторождения. С момента открытия Ковыктинского ГКМ в 1987 г. накоплена значительная статистическая база геолого-геофизических материалов и данных бурения, включающая более 40 скважин. Имеющиеся данные позволяют определить связь значений проводимости горизонтов с вероятностью проявления осложнений в процессе бурения (рис. 3).

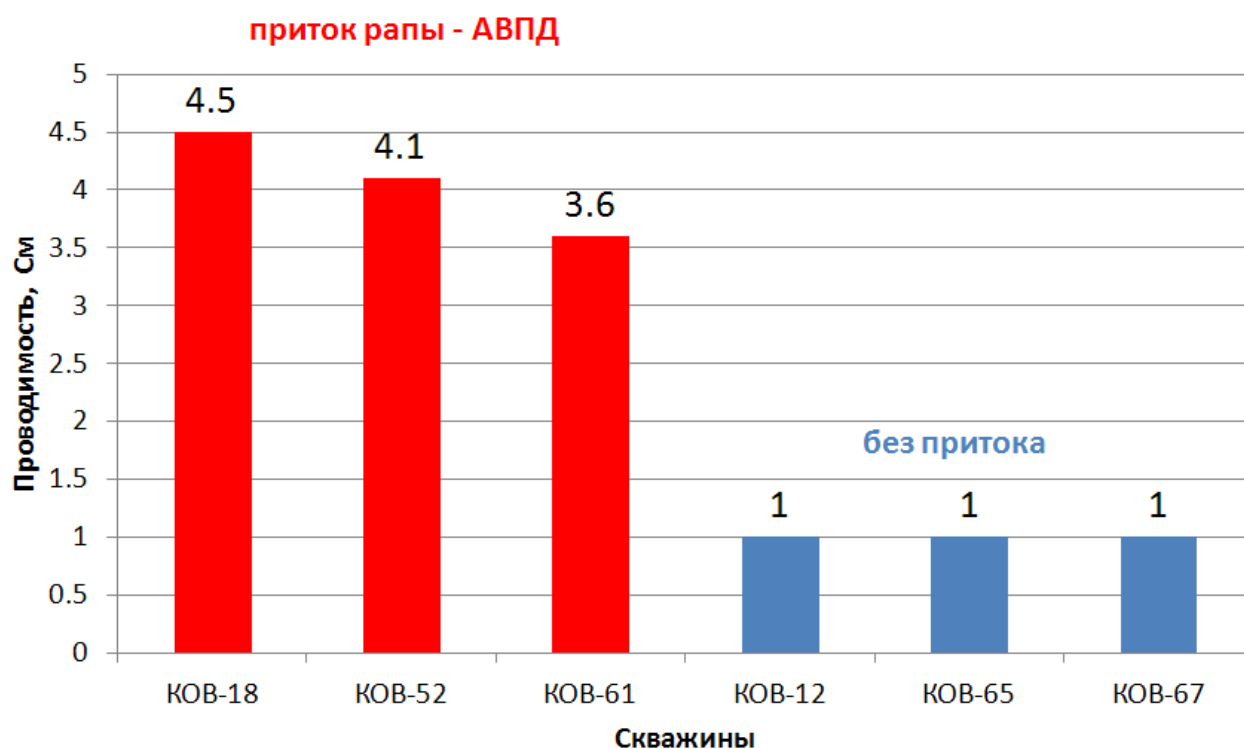


Рис. 3. Зависимость проводимости отложений бельско-булайского комплекса от насыщения коллектора и его гидродинамических характеристик.

На рис. 3 представлена статистическая выборка значений проводимости бельско-булайского комплекса и результатов бурения скважин, видна четкая связь между проводимостью интервала горных пород и характера насыщения коллектора. Проанализировав материалы бурения скважин и электроразведочных работ, проводившихся на Ковыктинском ГКМ, сопоставив скважины с проявлениями, поглощениями, с притоками и без притоков со значениями проводимости по данным ЗСБ, была выработана методика прогноза условий бурения скважин с помощью электромагнитных зондирований [3,6]. Она заключа-

ется в выделение в разрезе Ковыктинского ГКМ контрастных, по отношению к вмещающим породам, проводящих зон. Выделенные зоны отличаются определенным характерным набором признаков. Как правило, рапоносные зоны характеризуются повышенной проводимостью, локальностью аномалий и градиентными зонами изменения геоэлектрических свойств.

ВЫВОДЫ

Электроразведочные работы ЗСБ на Ковыктинском ГКМ проводились как по сети профилей, так и на площадках проектных скважин. Опыт работ показывает высокую чувствительность ЗСБ к проявлению в разрезе интервалов, насыщенных рапой, а также зон возможных поглощений. Сравнение результатов бурения и данных ЗСБ на скважинах свидетельствует о хорошей корреляции величины электропроводности горизонтов и вероятности рапопроявлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахромеев А.Г., Хохлов Г.А. Перспективы прогноза зон рапопроявлений в Верхоленском (Жигаловском) газоносном районе Иркутской области. В сб. Особенности технологии проводки и заканчивания скважин в Вост. Сибири и Якутии. Новосибирск, Иркутск, 1988, с.140-142.
2. Добрынин В.М. и др. Петрофизика (Физика горных пород) / Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. - М: 2004, с. 119 – 184.
3. Ильин А.И., Вахромеев А.Г. Особенности прогноза горно-геологических условий бурения глубоких скважин методом ЗСБ на примере Ковыктинского газоконденсатного месторождения. // Материалы VI Всероссийской школы-семинара имени М.Н. Бердичевского и Л.Л. Ваньяна по электромагнитным зондированиям Земли – ЭМЗ-2013 [Электронное издание] / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука . – Новосибирск : ИНГГ СО РАН, 2013.
4. Поспеев А.В., Буддо И.В., Агафонов Ю.А., Кожевников Н.О. Выделение пластов-коллекторов в разрезе осадочного чехла юга Сибирской платформы по данным зондирования становлением электромагнитного поля в ближней зоне. Научно-технический журнал Евро-Азиатского геофизического общества «Геофизика», № 6. Тверь, «Издательство ГЕРС». 2010. С. 47 – 52.
5. Сидоров В.А. Импульсная индуктивная электроразведка. - М.: Недра, 1985, 192 с.
6. Ilin A.I., Vahromeev A.G., Kompaniets S.V. Features of the Forecast of Geological Conditions of Drilling of Deep Wells According to Electromagnetic Sounding // 5th Saint Petersburg International Conference & Exhibition-Geoscience: Making the most of the Earth's resources. Saint Petersburg, Russia, 2 – 5 April 2012.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАССОЛОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ МЕТОДАМИ

Мисюркеева Н.В.* (ЗАО «ИЭРП»), Токарева О.В. (ЗАО «ИЭРП»), Агафонов Ю.А. (ЗАО «ИЭРП»), Буддо И.В. (ЗАО «ИЭРП»), Вахромеев А.Г. (ИФ ООО «РН-Бурение»)

Введение

Подземные рассолы - важнейший источник получения различных компонентов и соединений, являющийся так называемой «жидкой рудой» на литий, бром, йод, галит, магний, редкие металлы и минеральные соли, которые находятся в растворе в уникально высоких концентрациях. Элементы, эффективно добываемые из гидроминерального сырья, широко применяются в других странах (США, Япония, Израиль, Чехия, Чили). Россия также обладает огромными запасами гидроминеральных ресурсов, но, в то же время, в нашей стране они используются не в полной мере. Поэтому проблема обнаружения перспективных участков и их детальное исследование для последующей добычи полезных компонентов из гидроминерального сырья для России особенно значима.

Источники рассолов на Сибирской платформе

Наибольшие запасы гидроминерального литийсодержащего сырья в виде глубоких пластовых рассолов сосредоточены в Сибирском регионе. В 50 – х годах на территории Сибирской платформы из поисковых скважин на нефть и газ были получены первые притоки концентрированных хлоридных кальциевых рассолов с минерализацией 400 – 630 г/л.

Притоки промышленных рассолов встречаются как в терригенной, так и в галогенно-карбонатной частях разреза. Рассолы галогенно-карбонатной формации характеризуются наиболее высокими концентрациями ценных компонентов и высокодебитными проявлениями рассолов, являющихся наиболее перспективными с геолого-экономических позиций. В настоящее время наиболее изученной глубоким бурением является терригенная часть разреза.

Осадочный чехол Сибирской платформы сложен преимущественно венд-кембрийскими отложениями, по геоэлектрическим свойствам характеризующихся высокими значениями сопротивления (200 – 500 Ом·м и более). Подземные воды галогенно-карбонатного комплекса на глубине 1 – 2 км обладают высокой минерализацией и как следствие низкими значениями сопротивления – менее 10 Ом·м.

Поиски промышленных рассолов электромагнитными методами

Геоэлектрические условия юга Сибирской платформы благоприятны для использования метода зондирования становлением поля (ЗСБ) при прогнозе рассолонасыщенных объектов в разрезе исследуемой площади и их последующего оконтуривания.

Электромагнитные исследования являются наиболее эффективным инструментом при поиске и разведке гидроминерального сырья в силу высокой чувствительности к минерализованным пластовым флюидам. Горизонт коллектор с рассоло- и водопроявлением в геоэлектрической модели является контрастным проводником.

Для постановки поисково-разведочного цикла ГРР и оценки перспектив территории Сибирской платформы на гидроминеральное сырье важнейшим является вопрос обоснования рационального комплекса геофизических методов [1, 2].

Для оценки эффективности метода ЗСБ при поисках рассолов были проведены электроразведочные работы с целью:

- определить геоэлектрические параметры горизонтов с рассолонасыщением

- установить контуры распространения рассолонасыщенного коллектора по площади

- оценить эффективность применения метода ЗСБ при поисках глубоких промышленных рассолов.

Работы ЗСБ проведены в пределах одного из участков на территории Ангара-Ленской ступени (Верхнеленская впадина), из коллектора в верхней части усольской свиты, в интервале глубин 1120 – 1130 м, был получен приток рассола дебитом 90 м³ в сутки.

В региональном плане площадь располагается на юге Сибирской платформы в погруженной зоне Ангара-Ленского прогиба (по схеме Н.С. Шатского (1957)). Через площадь проходит Жигаловский вал, являющийся одним из крупнейших тектонических элементов в исследуемом районе. Притоки рассолов связаны с трещиноватыми, трещиновато-кавернозными карбонатными породами-коллекторами соленосной толщи нижнего кембрия, залегающими на глубинах 1.3 – 2.2 км и зачастую «работающими в режиме самоизлива».

Геоэлектрическая характеристика разреза

Разрез осадочного чехла в пределах территории исследования характеризуется неоднородным геоэлектрическим строением. Всего в разрезе осадочного чехла было выделено семь геоэлектрических горизонтов, приуроченных к основным стратиграфическим комплексам осадочного чехла (рис. 1).

В целом разрез осадочного чехла характеризуется относительно высокими значениями сопротивления (70 – 500 Ом·м). Контрастные горизонты с низкими значениями сопротивления (6 – 50 Ом·м) отмечаются в интервале верхней части разреза, бельско-булайского комплекса, усольской свиты и под-солевой части разреза.

Литвинцевско-ангарский комплекс характеризуется относительно высокими значениями сопротивления 75 – 500 Ом·м. Для отложений литвинцевской свиты на территории исследования характерны относительно меньшие значения сопротивления чем в ангарской свите. Это может быть связано с наличием пластов каменной соли в последней, которые, вероятно вносят

основной вклад в общее повышение сопротивления литвинцевско-ангарского комплекса пород.

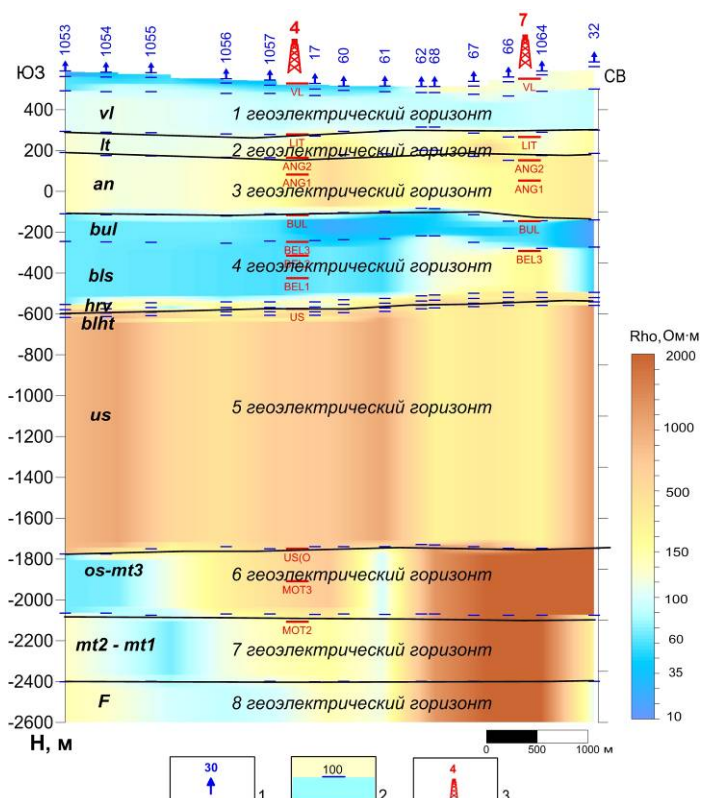


Рисунок 1. Фрагмент геоэлектрического разреза

Условные обозначения: 1 – пункты ЗСБ; 2 – геоэлектрические горизонты и их сопротивления, Ом·м; 3 – скважины глубокого бурения.

Бельско-булайский комплекс представлен галогенно-карбонатными отложениями бельской и булайской свит. Породы характеризуются относительно низким сопротивлением 11 – 120 Ом·м, что, по всей видимости, связано с улучшенными коллекторскими свойствами комплекса. Местами сопротивление повышается до 200 – 500 Ом·м.

В нижней части бельской свиты выделяется христофоровский горизонт-коллектор, характеризующийся значениями сопротивления 200 – 430 Ом·м. Мощность горизонта составляет 25 м. На карте продольного сопротивления христофоровского горизонта преобладают повышенные значения сопротивления 200 – 500 Ом·м. Скважины глубокого бурения №№ 4, 5, 7 находятся в области относительно высоких значений сопротивления порядка 200 – 500 Ом·м (рис. 1, 2).

По результатам ЗСБ христофоровский горизонт не может рассматриваться как перспективный на наличие высокоминерализованных флюидов ввиду его высокого сопротивления и отсутствия каких либо значимых притоков или проявлений в пределах площади исследования.

Усольская свита представлена переслаиванием пластов каменной соли и доломитов. Мощность отложений составляет около 1000 – 1100 м.

Основная часть территории характеризуется высокими значениями сопротивления (200 – 1100 Ом·м), которые свидетельствуют о присутствии пластов каменной соли.

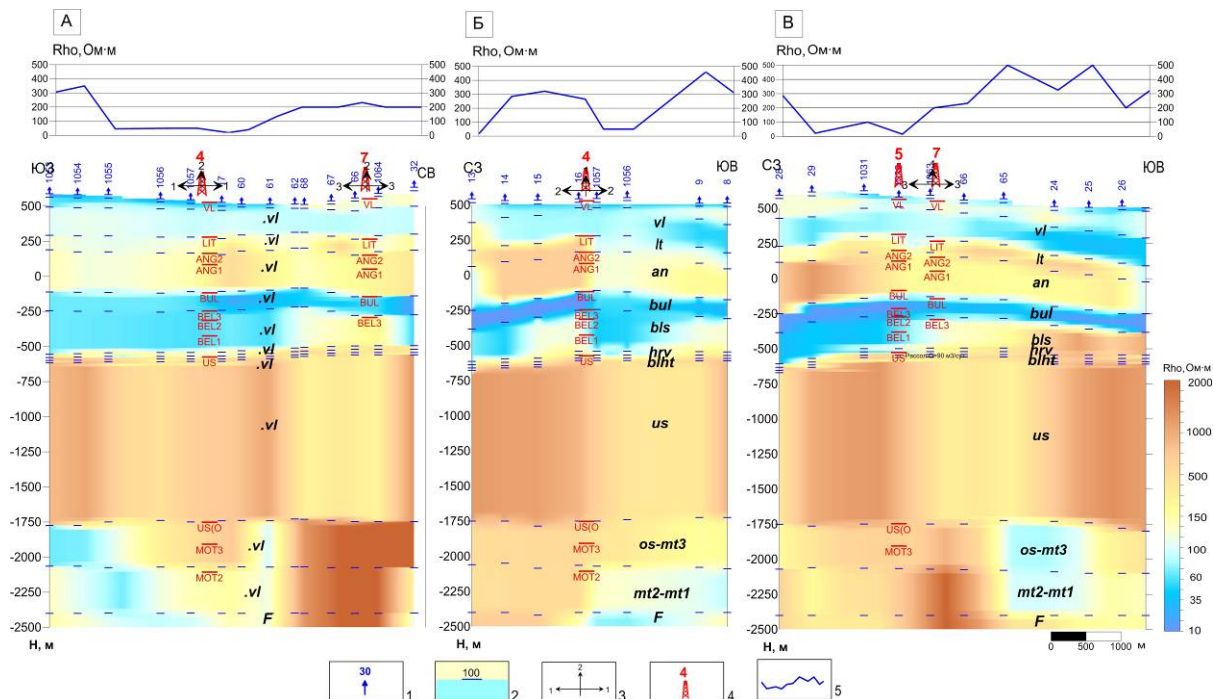


Рисунок 2. Геоэлектрические разрезы: А – по ПР-1; Б – по ПР 2; В – по ПР 3.

Условные обозначения: 1 – пункты ЗСБ; 2 – геоэлектрические горизонты и их сопротивления, Ом·м; 3 – пересечение линий профилей; 4 – скважины глубокого бурения; 5 – графики распределения значений сопротивления балыхтинского горизонта коллектора, Ом·м.

В верхней части свиты фиксируется балыхтинский горизонт-коллектор, мощностью около 17 м. Значения сопротивления балыхтинского горизонта изменяются от 15 до 200 Ом·м, местами повышаясь до 500 Ом·м. Понижение сопротивления по ПР 1 четко отражено на графике распределения сопротивления данного горизонта (рис. 2). На геоэлектрическом разрезе по ПР 2 пониженные значения сопротивления фиксируются в районе скважины № 4 (рис. 2).

Скважина № 5, из которой с глубины 1125 м получен приток рассола дебитом 90 м³/сут, находится в области минимальных значений сопротивления 15 Ом·м.

На карте продольного сопротивления отложений балыхтинского горизонта-коллектора в направлении с юго-запада на север-северо-восток протягивается обширная проводящая зона (14 – 150 Ом·м), раскрывающаяся за пределы площади в север-северо-восточном направлении (рис. 3). С юга, юго-запада и юго-востока зона ограничена областями относительно повышенного сопротивления 160 – 500 Ом·м.

Скважины глубокого бурения №№ 4, 5, 7 на карте продольного сопротивления балыхтинского горизонта-коллектора находятся в пределах проводящей области (рис. 3). По данным ГИС, в скважине БЛТ – 4 в данном

интервале отмечается коллектор мощностью около 12 м как с водным, так и с газовым насыщением.

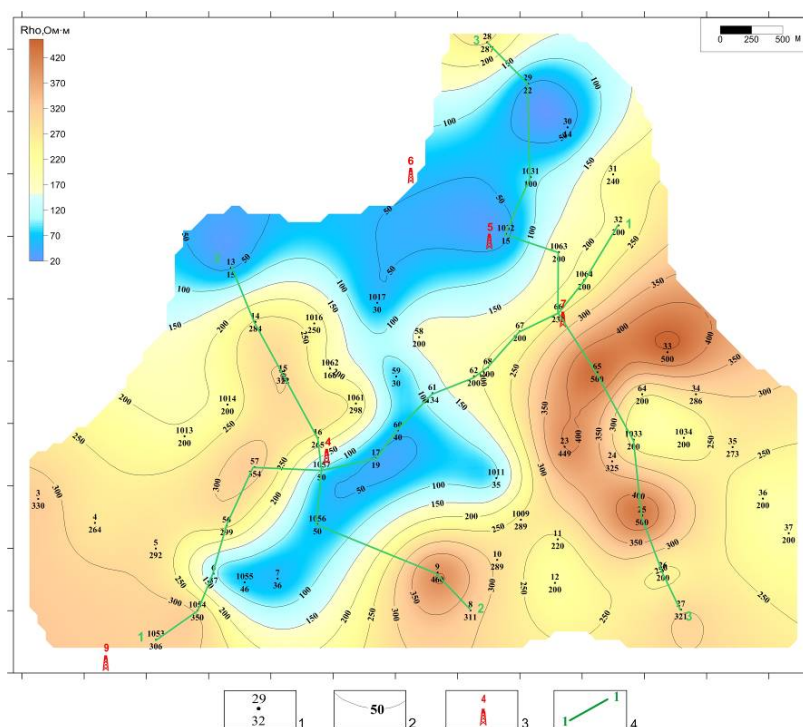


Рисунок. 3. Карта продольного сопротивления балыхтинского горизонта-коллектора

Условные обозначения: 1 – пункты ЗСБ: сверху – номер пикета, снизу - значение продольного сопротивления, Ом·м, 2 – изолинии продольного сопротивления, Ом·м; 3 - скважины глубокого бурения; 4 – линии геоэлектрических разрезов.

Сопоставив результаты бурения и ГИС скважин с данными, полученными в результате электроразведочных работ ЗСБ, можно предположить, что низкоомная область север-северо-восточного простирания, выделенная в интервале балыхтинского горизонта-коллектора, является перспективной на наличие высокоминерализованных флюидов, о чем свидетельствуют пониженные значения сопротивления (14 – 150 Ом·м) по данным ЗСБ и результаты бурения.

Выводы:

Проведенные исследования позволяют рекомендовать метод ЗСБ как основной в комплексе ГРП на стадии региональных и детальных поисков гидроминерального сырья.

Литература

1. Вахромеев А.Г., Хохлов Г.А. Перспективы прогноза зон рапопроявлений в Верхоленинском (Жигаловском) газоносном районе Иркутской области. \Сб. Особенности технологии проводки и закачивания скважин в Вост. Сибири и Якутии. – Новосибирск, Иркутск: ВСНИИГГиМС, 1988, – С.140-142.
2. Вахромеев А.Г. Закономерности локализации «предельно насыщенных» рассолов в разрезе осадочного чехла на юге Сибирской платформы. \Материалы всероссийского совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, ИЗК СО РАН, 2006. – С. 151-154.

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОГЛУБИННЫХ ЗСБ ПРИ РЕШЕНИИ АКТУАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Шелухов И. А., Буддо И. В., Токарева О. В., Шарлов М. В., Агафонов Ю. А.
ЗАО "Иркутское Электроразведочное Предприятие", г. Иркутск

Введение

Последние годы ЗСБ активно применяется для исследования верхней части геологического разреза (ВЧР). Современный программно- аппаратный комплекс "FastSnap" позволяет охватить диапазон глубин от первых метров до 300 - 500м. При этом решаются такие задачи, как: поиск воды, решение геоэкологических проблем, структурных задач, картирование зон распространения траповых интрузий, прогноз зон распространения многолетнемерзлых пород.

Аппаратурно программный комплекс "FastSnap"

Для решения актуальных задач геологии таких как изучение верхней части разреза, поиск рудных полезных ископаемых, решение инженерных задач в ЗАО «Иркутское Электроразведочное Предприятие» применяется скоростная цифровая телеметрическая электроразведочная станция «FastSnap», разработанная и развиваемая специалистами ЗАО «ИЭРП».

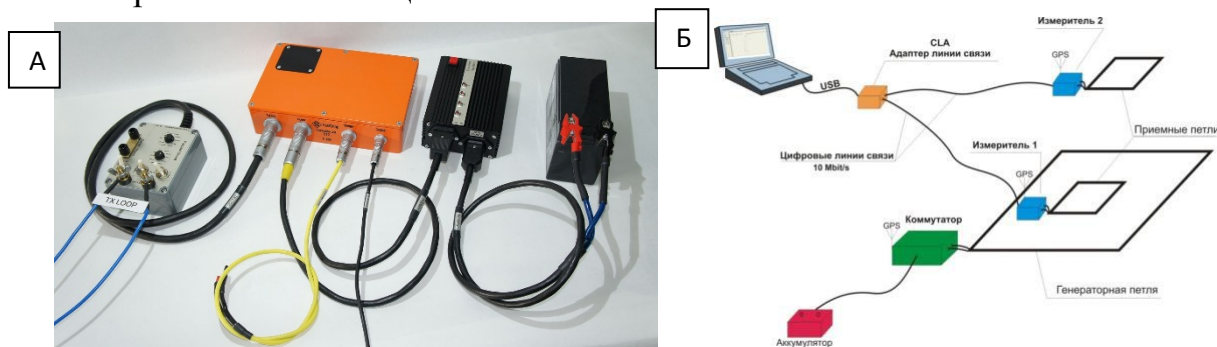


Рисунок 1 А - Общий вид Цифровой телеметрической электроразведочной станции «FastSnap»

Б - принципиальная схема раскладки

Главной особенностью станции "FastSnap" является наличие двух АЦП – «скоростной» (14 разрядов, ΔT от 25 наносекунд) и «стандартный» (ΔS , 24 разряда, ΔT от 31 микросекунды), что позволяет регистрировать сигнал с арифметическим шагом дискретизации – 25, 100, 800 нс; 6, 31, 250 мкс. Использование эффективных алгоритмов подавления помех позволяет работать в сложных помеховых условиях.

Архитектура станции и мощный математический инструментальный позволяют станции работать с различными методами электроразведки. Высокая мобильность станции обуславливается небольшими габаритами и весом полевых модулей, а также применением в качестве бортового комплекса мобильных компьютеров различных форм-факторов – начиная со стационарного компью-

тера или ноутбука, оснащенного портом USB, заканчивая наладонным (карманным) компьютером / коммуникатором PocketPC, служащим для управления станцией и коммутатором тока, сбора и хранения данных. Широкие аппаратные возможности станции подкрепляются развитым программно-математическим обеспечением.

Программное обеспечение станции «FastSnap» является частью единого программного комплекса для электромагнитных исследований. В основе комплекса лежит реляционная и файловая базы данных, доступ к которым осуществляется посредством технологии ADO. Программа регистрации «FastEM» осуществляет следующие функции: включение измерителей, установка и тестирование параметров регистрации, управление коммутатором, визуализация регистрируемых данных, расчёт спектра сигналов, автоматическая обработка в реальном времени с расчетом трансформант $\rho_t(t)$ и $S_t(H_t)$, сохранение первичных и обработанных данных в БД. Программа регистрации оснащена геоинформационной системой, отображающей в масштабе схему сети наблюдений, местоположение измерителей и коммутатора. Также имеется возможность загрузки векторных и растровых карт.

Поиски подземных вод

Задачей исследования являлось изучение верхней части разреза с целью выявления водоносных горизонтов в интервале глубин от поверхности до 400 м.

Исследования ЗСБ проводились на одном из лицензионных участков Республики Саха (Якутия). В пределах восточного склона Непско – Ботубинской антиклинали.

В качестве источника электромагнитного поля использовалась незаземленная квадратная петля со стороной 100 м, приемные петли со стороной 10 м. Шаг между приемниками составлял 100 м, между источниками – 200 м.

Разрез в данном интервале глубин представлен терригенными покровными отложениями Юрской системы и верхнего кембрия (верхоленская свита) а также галогено – карбонатными отложениями среднего кембрия (метегерская свита). Разлом по участку сопровождается цепочкой выходов на поверхность интрузивных тел, вытянутых согласно линии его простирания. Интрузия пререзает отложения верхоленской свиты и выходит на дневную поверхность вдоль оси Чоно-Нюйской антиклинали. Значения сопротивления горизонтов по участку варьируются от 10 до 200 Ом·м для верхоленской свиты и от 100 до 1500 Ом·м для метегерской свиты. Зоны пониженных значений сопротивления горизонтов, вероятно, связаны с распространением пластов-коллекторов. По данным ЗСБ выделено три геоэлектрических горизонта в верхоленской свиты, каждый из которых относится к определенному гидрогеологическому комплексу.

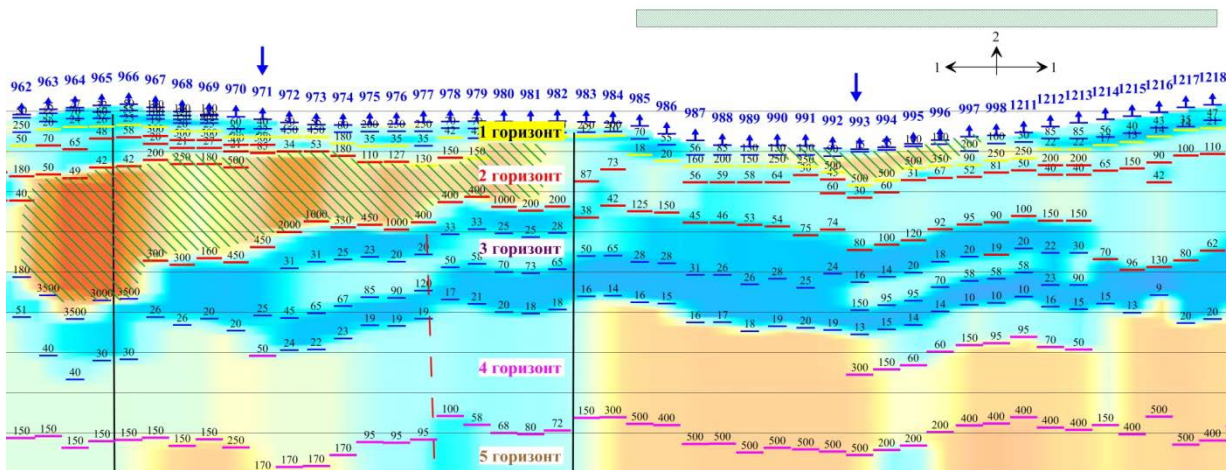


Рисунок 2 Геоэлектрический разрез

Контраст значений сопротивления галогенно – карбонатного комплекса и терригенных пород позволил, в большинстве случаев, проследить глубину залегания литологической границы. Данная закономерность позволила провести структурно-тектоническое районирование территории.

Также по геоэлектрическому разрезу можно судить, что интрузивные тела отчетливо прослеживаются в виде пластов с высокими значениями сопротивления более 500 Ом·м.

Картирование зон распространения многолетне – мерзлых пород (ММП).

Исследования ЗСБ проводились на одном из лицензионных участков Западной Сибири.

В качестве источника электромагнитного поля использовалась незаземленная квадратная петля со стороной 100 м, приемные петли со стороной 20 м. Шаг между приемниками составлял 100 м, между источниками – 1000 м.

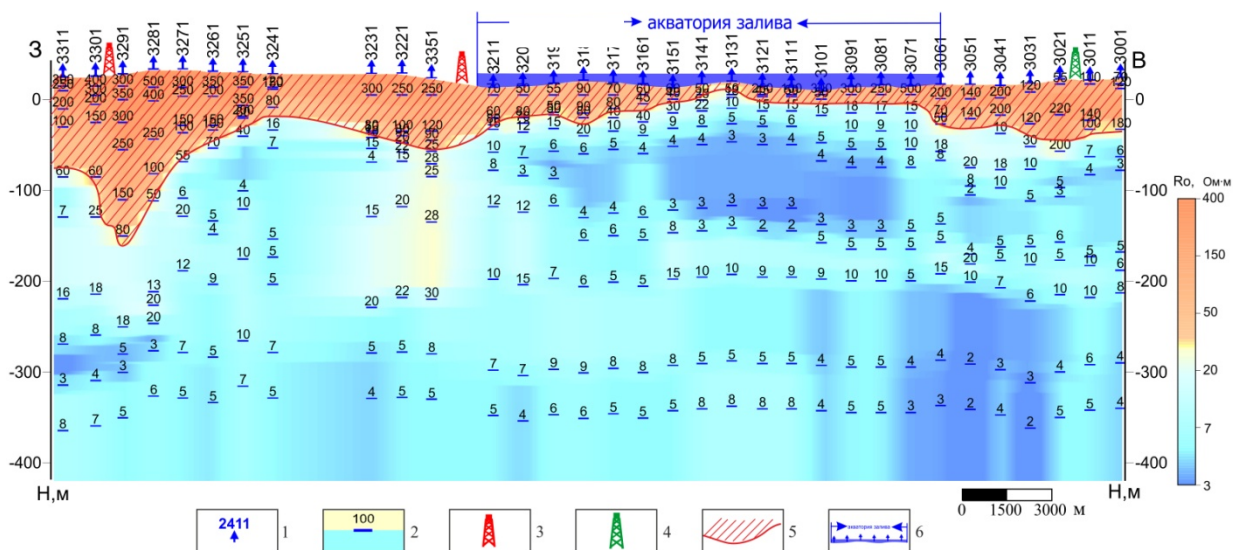


Рисунок 3 Геоэлектрический разрез (Западная Сибирь)

На геоэлектрическом разрезе контрастно выделен высокоомный слой с значениями сопротивлений 50 – 500 Ом·м. Также, по данным ЗСБ достаточно четка видна граница перехода ММП из мерзлого состояния в талое и наличие зоны сокращения ММП при переходе к акватории залива.

В результате проведения малоглубинных ЗСБ детально изучены геоэлектрические характеристики разреза до глубины 300 – 400 м. Выделены зоны распространения многолетнемерзлых пород, а также определена их мощность на участке работ, изменяющаяся от первых метров до 150 м.

Решение геоэкологических задач

На одной из площадей Непско-Ботуобинской антеклизы возникла экологическая проблема, связанная с просачиванием нефти в районе старой водозаборной скважины, а также наличием еще нескольких нефтепроявлений, образовавшихся на участках нарушения почвенного покрова.

Методом ЗСБ была изучена территория размером 2×1 км. Использовалась двухканальная установка следующей геометрии: размер генераторной петли составлял 50 м × 50 м, приемной – 10 м × 50 м, шаг зондирования 50 м.

Нефтепроявления на поверхности и в скважинах отмечаются высокими (свыше 80 Ом·м) значениями удельного электрического сопротивления (УЭС). Разрез соответствует трехслойной геоэлектрической модели. Сверху залегают проводящие (10 Ом·м) образования, которые подстилаются высокоомными (150 – 300 Ом·м) породами. В основании разреза залегают породы с низким (10 – 40 Ом·м) УЭС. Скважины с преимущественно водным насыщением приповерхностных горизонтов-коллекторов расположены в областях с низкими и средними (20 – 70 Ом·м) значениями УЭС.

На глубине около 100 м в отложениях верхоленской свиты выделен мощный слой с низкими - от первых единиц до 13 – 20 Ом·м - значениями УЭС. Глубинное положение кровли горизонта изменяется от 100 м на востоке, до первых метров на западе. Наличие горизонта свидетельствует о присутствии на участке работ коллекторов, насыщенных рассолами или сильно минерализованными водами.

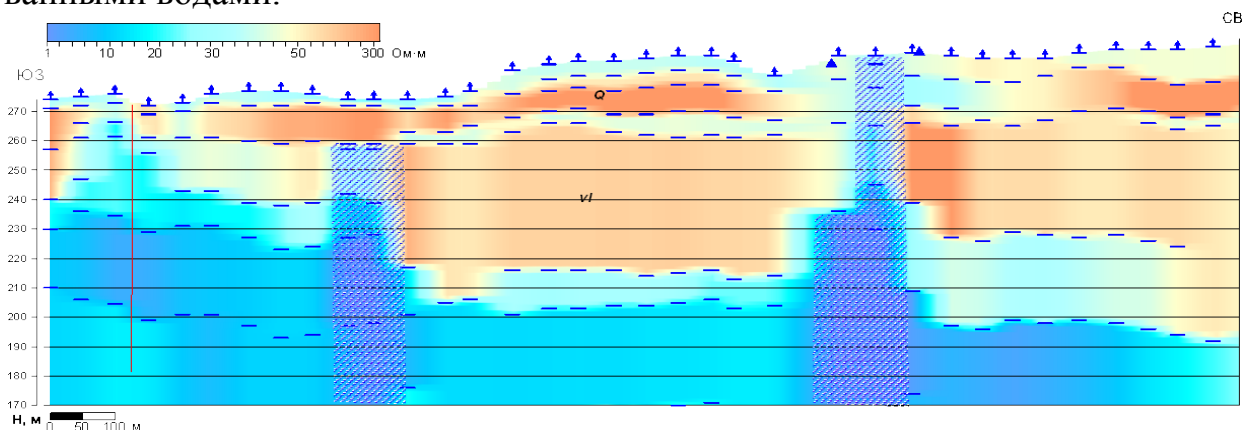


Рисунок 4 Геоэлектрический разрез (Непско-Ботуобинская антиклиналь)

На фоне пород с относительно высокими значениями УЭС выделены субвертикальные зоны низкого сопротивления, соединяющие мощный проводящий

горизонт и приповерхностные отложения. Последние, вероятно, представлены зонами трещиноватости, по которым происходит миграция подземных вод.

С использованием априорной информации, в т.ч. результатов геохимических и сейсморазведочных работ, по данным ЗСБ была составлена предполагаемая модель формирования приповерхностной залежи углеводородов

Под действием аномально высоких пластовых давлений углеводородные флюиды проникали по системе разломов и трещин из разгерметизированных глубокозалегающих залежей осинского горизонта в верхние водоносные горизонты. Это привело к появлению углеводородов в верхоленском водоносном горизонте, воды которого использовались в водоснабжении поселка. В настоящее время вода не пригодна для использования в хозяйственно-бытовых целях.

Вероятно, горизонт пониженного сопротивления в породах средне-верхнего кембрия содержит пласты-коллекторы с примесью углеводородов. Каналом для проникновения растворов в приповерхностные грунтовые воды служат зоны трещиноватости, которые на геоэлектрических разрезах и картах проявляются пониженными значениями УЭС.

Вероятно, углеводороды проникают в приповерхностные горизонты-коллекторы рыхлых четвертичных отложений в составе растворов, после чего происходит их дифференциация.

Выводы

Проведенные исследования показывают высокую эффективность малоглубинных ЗСБ при поиске воды, решение геоэкологических проблем, решение структурных задач, картирование зон распространения траповых интрузий, картирование зон распространения многолетне-мерзлых пород.

Список литературы

1. Агафонов Ю.А., Поспеев А.В., Стефаненко С.М., Шарлов М.В. Возможности программного комплекса телеметрической станции FastSnap для малоглубинных электромагнитных зондирований // Тезисы докладов третьей международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика-2007», 2007, с.53 – 55.

УДК 622.7

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО БУРЕНИЯ

Шаршин А.В., студент группы гТ-11-1,

Белоногов В.Н., преподаватель ФСПО,

Шин О.М., преподаватель ФСПО, «Иркутский государственный технический университет»

Вибрацию в бурении начали использовать в 30-40-х годах.

Сущность вибробурения заключается в том, что частицы породы, расположенные вблизи от бурового снаряда приводятся в колебательное движение и отделяются от массива, уменьшаются силы сцепления между частицами и тре-

ние бурового снаряда о породу. Если амплитуда колебаний превышает размер частиц, то вокруг снаряда образуется подобие суспензии, и он погружается в породу (тонет) под собственным весом. Порода разрушается, свободная вода действует как смазка.

Разрушение пород происходит дроблением и вытеснением пород.

В России широкое применение нашли поверхностные машины механические, электромеханические. Вибраторы и вибромолоты. Приоритет в создании вибраторов и вибромолотов для вибробурения геологоразведочных скважин принадлежит Советскому Союзу. За рубежом в США, Англии, ФРГ так же сконструированы вибровращательный станок для бурения скальных пород с пневматическим приводом типа Salzgitter, Haushez для глубокого нефтяного бурения [1].

Для бурения наносах с одновременным креплением ствола и с использованием погружных пневмоударников создан ряд комплексов технических средств фирмами «Крелиус» и «Диамант Боарт» со снарядами расширителем «Аккер Дрилл» а также метод Одекс фирмы «Атласс Копко» [2].

Представляет интерес комплекс технических средств фирмы «Соник» позволяющий бурить скважины различного назначения [3] такие как: геотермальные, геологические, археологические. Комбинация вибрации и вращения способствует эффективному погружению в мягкие и среднемягкие породы, а также проходить самые крепкие породы, включая гранит. Позволяет бурить скважины глубиной до 200 метров, а диаметром до 300мм, как сухого, так и влажного керна. Бурение производится без использования промывочных жидкостей, а также продувки.

Для отбора керна используется новейшая система Аква Лог не имеющая аналогов в мире. Аква Лог позволяет бурить скважины сплошным забоем до необходимой глубины и отбирать пробы длиной 2 и 4 метра диаметром 50 и 70 мм. Эта система позволяет отбирать пробы любых пород от камня до песка с большим содержанием воды. Аква Лог сочетает в себе все преимущество бурения технологии Сонник с возможностью отбирать ненарушенные пробы с заданной глубины.

Методика бурения разведки сводится к следующему.

Колонковая труба с буровой штангой соединяется с внутренним переходником буровой головки.

Включается вибрация, давление и вращение (по часовой стрелке) и колонковая труба погружается в грунт т.к. вибрация с частотой 150-180 герц действует только на буровую твердосплавную коронку, не передаваясь на керн.

Время погружения на глубину 3м в глинистых вязких породах составляет 10-15 секунд, бурение прекращается буровая штанга отсоединяется от внутреннего переходника буровой головки, вращатель поднимается для накручивания адаптера обсадной трубы на внешний переходник буровой головки, это позволяет установить торцы буровой коронки и обсадного башмака на одном уровне. Обсадная колонна закрепляется в трубодержателе двойного действия (вправо и влево) и производится подъем бурового инструмента на поверхность.

Поднятый инструмент вывешивается на вращатель, и помощник бурильщика одевает на колонковую трубу специальный пластиковый мешок: включается и керн поступает из колонковой трубы в пластиковый мешок.

Бурильная колонна опускается внутрь обсадной колонны до предыдущего забоя, наращивается на длину рейса, включается давление, вибрация и вращение, происходит погружение колонковой трубы и весь процесс повторяется.

Компания Sonic SanpDrills выпускает различные буровые системы: Большой Соник, Средний Соник и Компакт Соник в различных комплектациях с высоким и низким крутящим моментом от 4610Нм до 2305Нм:

- разрушенной частотой вибрации от 0-150Гц;
- максимальная частота вращения до 100об/мин;
- необходимой гидравлической мощностью для работы вращателя;
- скорость потока масла 335л/мин при давлении 210 бар автоматическим манипулятором бурильных труб;
- суммарная мощность гидродвигателей эксцентриков вращателя и мощность вибрации на выходе 100кН;
- мощность вибрации на выходе 100кН;
- вес установки 1260кг.

Выводы:

1. В совершенствование вибрационной техники при производстве буровых работ при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых и инженерно-геологических изысканий заслуживает внимание высокотехнологические универсальные средства для отбора проб при помощи вибрации. Буровые системы компании Sonic SanpDrills: Большой Соник, Средний Соник и Компакт Соник позволили объединить в конструкциях гидрофицированных установках и различными крутящими моментами, регулируемой частоты вибрации и бурить скважины глубиной до 200 мм, диаметром 300мм в различных горно-технических условиях.

2. Существенно усовершенствована технология бурения в механизации и автоматизации спуско-подъемных операций и прогрессивных методов организации работ повышения качества геологических образцов с ненарушенной структурой.

3. Внедрение прогрессивной вибрационной техники и технологии позволяет повысить качество и производительность труда, снизить стоимость и сроки проведения буровых работ.

Литература.

1. Ю.В. Вадецкий, Справочник бурильщика – М.: Издательский центр «Академия», 2008.
2. Спутник инженера буровика. – С-Пб.: Недра, 2003.
3. [Http://www.amurgeo.ru](http://www.amurgeo.ru).

ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЧАСТОТНОЙ АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОЙ СИСТЕМЫ ДИП-4А ВЫПОЛНЕННАЯ ДЛЯ МОДЕЛИ УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЕРРИГЕННОГО ТИПА НА ВИТИМСКОМ ПЛАТО

Шаргородский А.В. студент РФ-09-1, кафедры технологии геологической разведки,

Иркутский государственный технический университет г. Иркутск

Давыденко Ю.А., доцент ИрГТУ, к.т.н.

Целью данного исследования является тестирование новых алгоритмов обработки, использующих многомерные статистические методы, на примере результатов решения прямой задачи частотной аэроэлектроразведки от трехмерной модели палеодолины перекрытой высокоомным слоем базальтов (Рис. 1). Расчет теоретической модели палеодолины выполнен на суперкомпьютере Потсдамского университета А.В. Грайвером.

Данная модель является обобщенным описанием объекта поиска урановых месторождений на Витимском плато. Погребенные долины, представленные низкоомными терригенными отложениями хорошо картируются методом частотной аэроэлектроразведки ДИП-4А. Однако на результаты интерпретации оказывают существенное влияние близповерхностные геоэлектрические неоднородности, что и будет проиллюстрировано ниже.

Аппаратура ЕМ-4Н производит одновременные измерения на четырех частотах 130, 520, 2080 и 8320 Гц. В качестве источника поля используется закрепленная на фюзеляже летательного аппарата горизонтальная многовитковая рамка (вертикальный магнитный диполь). В реализованных системах носителями были самолеты Ан-2, Ан-3 и вертолет Ми-8. При установке на вертолет Ми-8 для монтажа передатчика конструируется специальная рама, к которой крепится петля. Площадь витка составляет около 60 м². Форма тока представляет собой сумму гармонических сигналов соответствующих частот. Диполь-

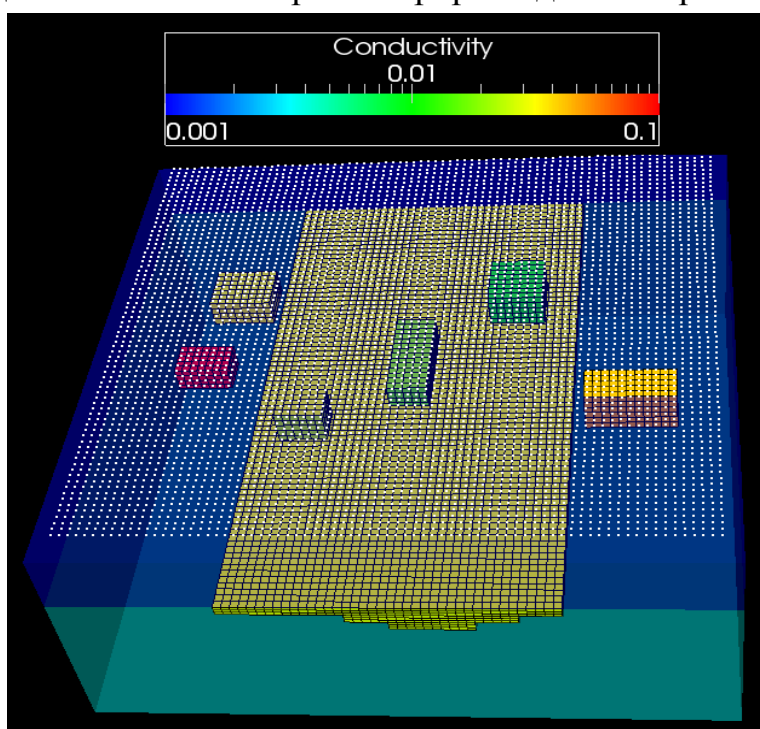


Рис. 5 Модель палеодолины (А. Грайвер)

ные моменты отличаются для разных типов носителей, их ориентировочные величины для четырех частот в порядке возрастания такие: 20000, 10000, 6000, 3000 А*м². Измерение параметров переменного магнитного поля осуществляется приемными рамками, расположенными в гондоле, буксируемой на тросе длиной 70 метров. Приемник имеет каналы измерений по трем ортогональным осям. Его чувствительность на рабочих частотах составляет сотые доли мкА/м.[1] Результатом работы системы ЕМ-4Н являются квадратурные компоненты или амплитуды и фазы компонент вектора переменного магнитного поля на каждой из рабочих частот 130, 520, 2080 и 8320 Гц. Кроме того, вычисляются традиционные для метода ДИП-А отношения полуосей, квадраты больших полуосей и углы в осях приемника больших полуосей эллипсов поляризации. После установки оборудования на борту летательного аппарата известна геометрия расположения возбуждающих диполей рабочих и компенсирующих частот, а также длина выпуска гондолы. Наличие этой информации позволяет по взаимной ориентации векторов больших полуосей в точке приема определить расположение гондолы по отношению к летательному аппарату. Это дает возможность учесть смещение гондолы не только при расчете эффективных проводимостей, но и при привязке измерений магнитного поля, поскольку датчик магнитометра также устанавливается в гондолу. Вычисление эффективных проводимостей производится как решение обратной задачи для проводящего однородного полупространства на каждой частоте [2, 3].

По ходу исследования были решены следующие задачи:

1) Произведен пересчет теоретических значений напряженности магнитного поля в значения эллиптичности для каждой имеющейся частоты в программе MathCad 14.

2) Выполнен пересчет значений эллиптичности магнитного диполя в значения удельного электрического сопротивления (Для указанных преобразований использовался программный код написанный проф. д.ф-м.н А.Ю Давыденко в среде MathCad 14. В основе вычислительного алгоритма использовались трёхмерные палетки зависимости малых и больших полуосей эллипса поляризации и удельного электрического сопротивления, предоставленные предприятием ЗАО «Аэрогеофизика»)

3) Произведен расчет мощности скин-слоя

4) Выполнена линейная интерполяция данных

5) Выполнена обработка данных с использованием аппарата робастной статистики в программном комплексе GelioSMI [4].

6) Построены геоэлектрические, разрезы и 3D, модели по данным полученным в результате, вышеуказанных преобразований.

7) Выполнено сопоставление результатов расчетной модели с данными исходного трёхмерного представления.

После перехода на каждой частоте от рассчитанных для эталонной модели напряженностей переменного магнитного поля к соответствующим эллиптиčnostям, следовало преобразовать значения эллиптичности в соответствующие значения удельного электрического сопротивления. Для построения

трехмерной геоэлектрической модели по модельным данным нам необходимо было получить глубину исследования земной поверхности на каждой из четырех частот. С этой целью использовалась следующая формула:

$$z^* = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu_0}} - h$$

Чтобы получить детальную расчлененность модели по латерали, мы увеличили количество данных, проведя линейную интерполяцию по глубине с шагом в один метр. В итоге объем полезных данных составил около 4.5 млн значений, что позволило в объеме детально отобразить результаты интерпретации Аэро-ДИП.

Оценивая результат построений сделан вывод о том, что геоэлектрические неоднородности в верхней части разреза своим влиянием могут существенно искажать границы залегания искомого объекта. В дальнейшей обработке данных мы попытались учесть их влияние с целью получения более точных данных о параметрах рудного тела и его конфигурации. Для подавления влияния геоэлектрических неоднородностей верхней части разреза в программном комплексе GelioSMI [4] использовалась процедура многомерной робастной регрессии. В качестве регрессоров использовались значения логарифма удельного электрического сопротивления (УЭС) на частотах 2080 Гц и 8320 Гц, влияние которых минимизировалось на значения УЭС низких частот на 130 Гц и 520 Гц. Фактически использовалось явление скин-эффекта, поскольку близповерхностные неоднородности, влияние которых регистрируется на верхних частотах, оказывают свое влияние и на сигнал на низких частотах.

Проведя такую обработку данных с помощью алгоритмов многомерной робастной статистики, мы добились уменьшения влияния низкоомных близповерхностных неоднородностей на распределение УЭС на низких частотах, в которых отражается искомый рудный объект – палеодолина с повышенной проводимостью. Можно сделать вывод о том, что разработан эффективный алгоритм интерпретации данных частотной аэроэлектроразведки, который существенно улучшает возможность для литологического расчленения исследуемой площади, а также определения геометрических и физических параметров рудных тел.

Благодарности

Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. А.Ю. Давыденко и А. В. Грайверу Ю.А. за предоставленные модельные данные, программное обеспечение и консультации.

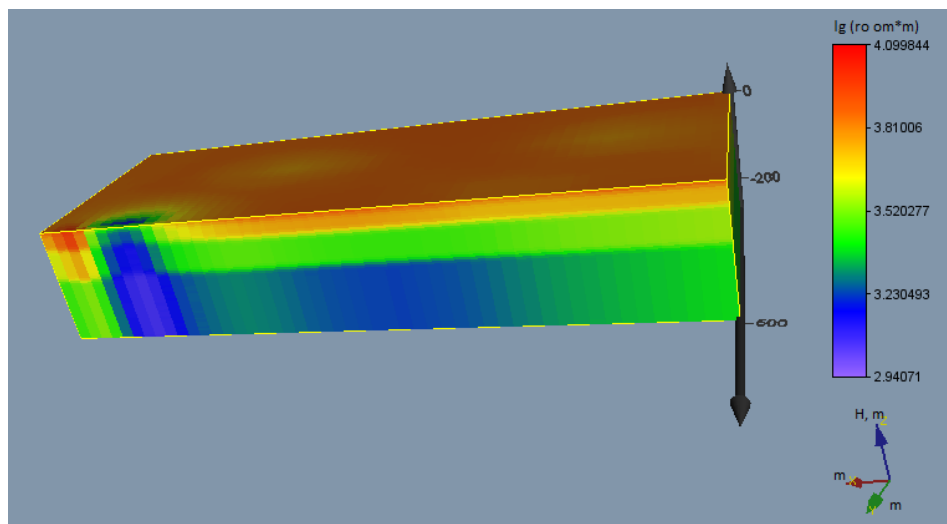


Рисунок 6 Геоэлектрический разрез, построенный поперек низкоомной неоднородности на трехмерном представлении участка

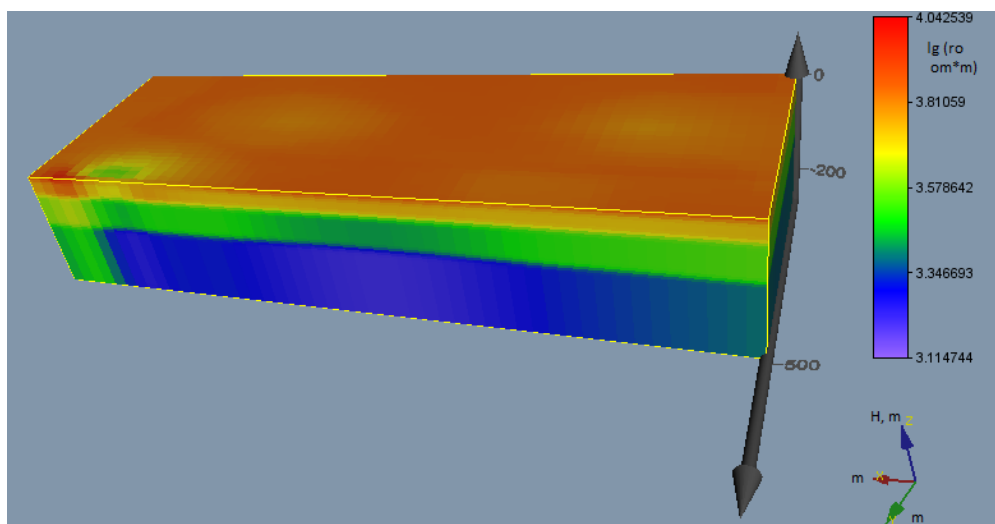


Рисунок 7 Геоэлектрический разрез, построенный по данным, обработанным с помощью алгоритмов робастной статистики

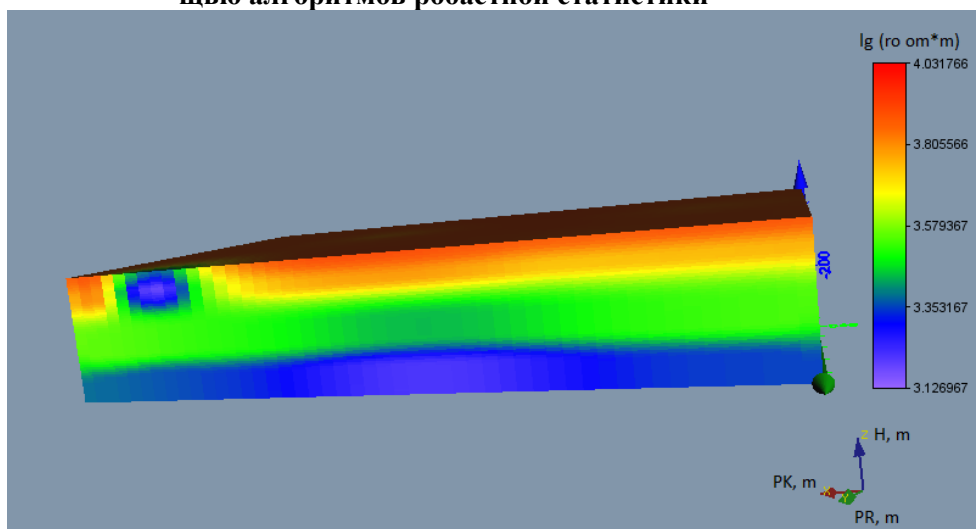


Рисунок 8 Геоэлектрический разрез построенный по данным отфильтрованным с помощью метода независимых компонент

Литература

1. Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Попович В.В., ЗАО «Геотехнологии», Трусов А.А., ЗАО ГНПП «Аэрогеофизика». «Низкочастотная индуктивная аэроэлектроразведочная система ЕМ-4Н в самолетном и вертолетном вариантах» г. Москва
2. Крылов С.С. Геоэлектрика: поля искусственных источников. Издательство с-питебургского университета 2004г.
3. Светов Б.С. Теория, методика и интерпретация материалов низкочастотной индуктивной электроразведки. М. «Недра», 1973, 256 с.
4. А.В. Грайвер Особенности представления данных и реализации ресурсоемких вычислений в программе обработки и интерпретации геофизических данных GeliosSMI. Журнал «Геоинформатика». Москва 2012 г.

УДК 550.83

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ОПЫТНЫХ РАБОТ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ "ЭМЗВП" С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД В МОНГОЛИИ

Савинов Виктор Андреевич, студент. Науч. рук.: к.т.н. Давыденко Юрий Александрович, доц. ИрГТУ. Иркутский государственный технический университет г. Иркутск.

Целью работ являлось выполнение интерпретации профильных данных по результатам опытно-методических работ. Которые в свою очередь были направлены на проверку возможности обнаружения термальных вод в подводящих каналах (проводящие зоны в относительно высокоомном фундаменте) с помощью технологии электромагнитного зондирования и вызванной поляризации (ЭМЗВП). Участок тестовых работ располагается в окрестностях посёлка «Цэцэрлэг» в долине на высоте 1600 м., у подножия палеовулкана возрастом около 15 млн. лет (гора Сангийн-Толгой). В основном Монголия представляет собой плато, приподнятое на высоту 900-1500 м над уровнем моря, над этим плато возвышается ряд горных массивов и хребтов, сам же участок работ имеет степной рельеф (рис.1).

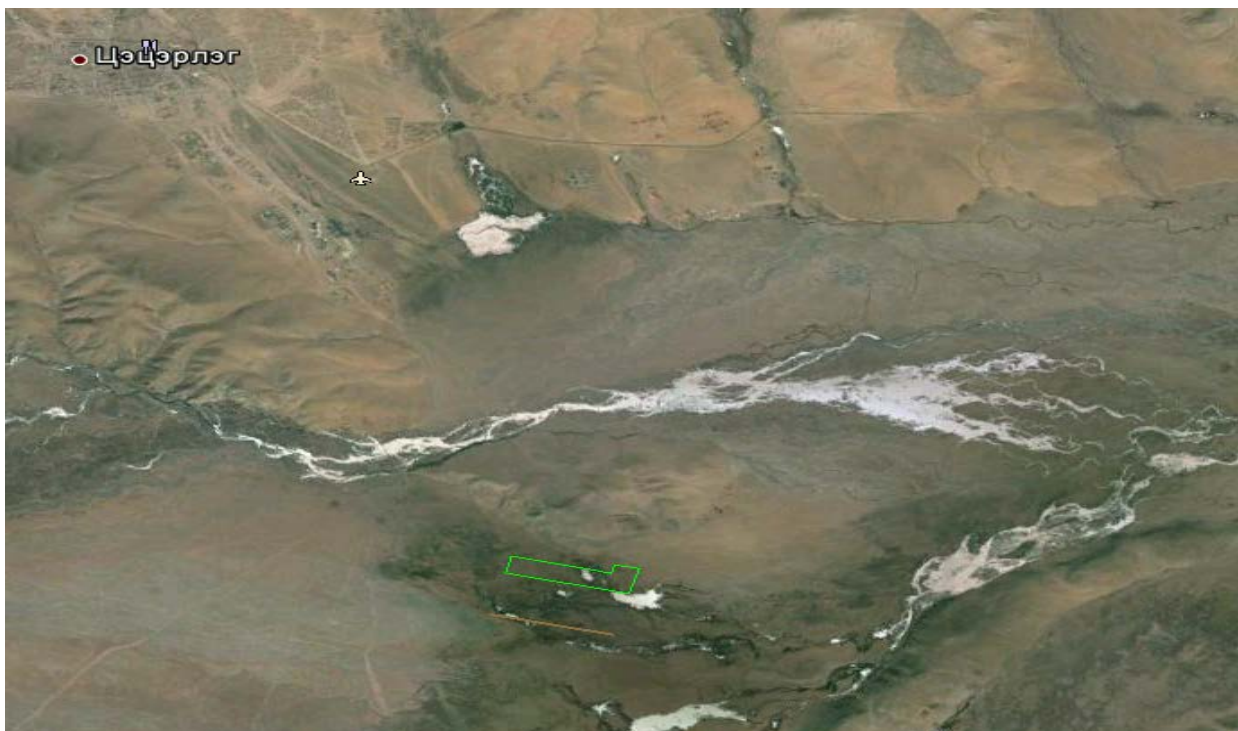


Рис. 1. Участок работ отчерчен зелёной линией.

Измерения переходных процессов проводились аппаратно-программным комплексом «Марс», в составе: 18-разрядного 4-х канального модуля с частотой дискретизации в 100 кГц; пылевлагозащищенного ноутбука Panasonic с программой сбора данных; силовой установки на базе генератора переменного тока мощностью 5 кВт и коммутатора с токовой стабилизацией ВП-1000м создающего в линии АВ ток в 3.7 А. Генераторный диполь АВ был заземлен вручную металлическими электродами, для заземления приемной линии использовались медные электроды. В питающем диполе АВ использовался провод ГПМП. В качестве приёмной MN использовалась многоэлектродная коса, изготовленная из ГПСМПО.

Сеть наблюдений 100м * 50м, представляла собой прямоугольник и состояла из четырех профилей на трех из них по 21 электроду на каждый, а на четвертом 6 электродов. Взаимное расположение приёмных линий MN и питающей линии АВ– параллельно, расстояние от питающей линии до ближайших приемных MN - 500м, протяженность линии АВ -1000м (рис. 2).

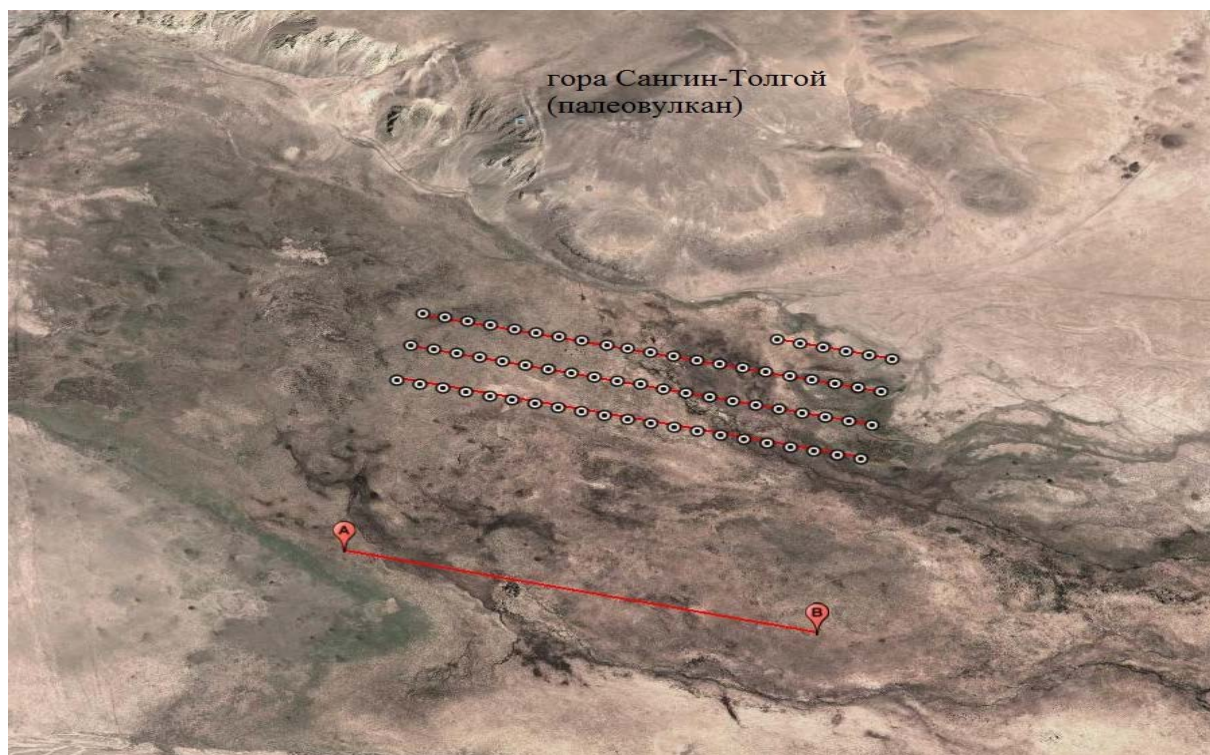


Рис.2. Участок съемки и схема сети наблюдения.

Регистрация данных производилась с помощью аппаратно-программного комплекса «Марс» с 4-х каналным измерительным модулем. Запись проводилась в течение приблизительно двух минут с одновременной регистрацией переходные процессы со всех 4-х разносов приемной косы M_1N_1 , M_2N_2 , M_3N_3 и M_4N_4 , с расстоянием в 50 м между электродами. Заземление приемной линии осуществлялось посредством вбивания в грунт медных электродов на глубину 10-20 см. Сопротивление заземления приемных электродов было хорошим и колебалось в пределах 1 кОм.

В ходе опытно-методических работ было записано 65 точек физических наблюдений и одно контрольное измерение.

Как и в классическом методе срединного градиента, значения поля на пропускании тока использовалось для расчета кажущегося удельного электрического сопротивления. Полученная карта (рис.3) отражает проводимость верхней части разреза, низкоомные аномалии соответствуют обводненным участкам местности.

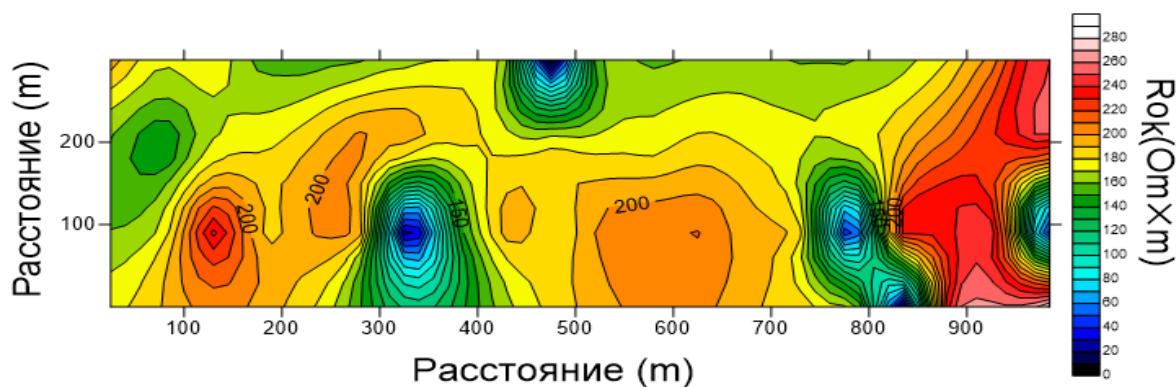


Рис. 3. Карта кажущегося удельного электрического сопротивления участка работ.

В инверсии использовался программный комплекс «MARS1D». «MARS1D» представляет собой аппарат для автоматической и полуавтоматической одномерной интерпретации профильных данных электромагнитных зондирований в рамках одномерной модели с учетом частотной дисперсии электропроводности. Под одномерной моделью понимается, что горизонтально расположенные слои с мощностью h имеют бесконечное простираение, а физические параметры слоя неизменны в его пределах. Для учета частотной дисперсии используется зависимость Cole-Cole [1,2,3], которая позволяет определить поляризационные характеристики разреза:

$$\rho(\omega) = \rho_0 \left[1 - \frac{\eta(i\omega\tau)^c}{1 + (i\omega\tau)^c} \right],$$

где ω - частота, i - мнимая единица, ρ - удельное электрическое сопротивление, ρ_0 - сопротивление на постоянном токе, η - коэффициент поляризуемости, τ - время релаксации и c - показатель степени. Высокая скорость расчетов обеспечивается использованием в коде прямой задачи. В результате становится возможным использовать интерактивный режим; редактировать параметры разреза во время подбора кривой, как это делается в стандартных пакетах при подборе для кривых ВЭЗ без учета частотной дисперсии электропроводности. При решении обратной задачи используется оригинальный набор алгоритмов минимизации, что для верно подобранной модели позволяет устойчиво находить положение глобального минимума в многомерном признаковом пространстве при высокой скорости подбора. Наличие корреляционных зависимостей, которые неизбежно возникают в результате инверсии в рамках модели с множеством раскрепленных параметров, оценивается с помощью корреляционных матриц. В результате с использованием априорной геолого-геофизической информации, можно закрепить часть параметров и вторично выполнить подбор наблюдаемых кривых. С целью подавления профильных аномалий и повышения качества сходимости на «крестах» профилей, используется оригинальный подход, когда перед инверсией кривые усредняются в эллипсе с заданными

осями. При осреднении использованием робастная процедура, при этом вес кривой в центре эллипса задается выше, чем веса соседних кривых.

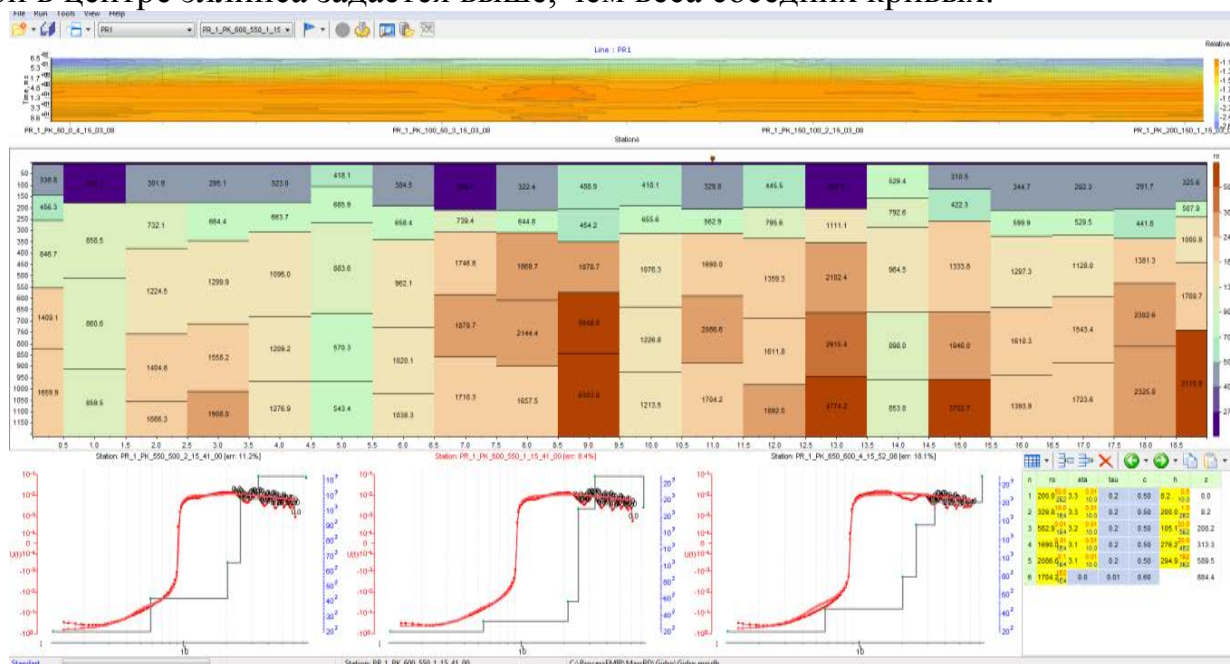


Рис. 4. Результат инверсии профильных данных в программе Mars1D.

Массовая инверсия нормальной компоненты переменного электромагнитного поля в рамках однослойной поляризующейся модели была выполнена в программном комплексе Mars 1D. Для инверсии использовалась 5-ти слойная поляризующаяся модель. Первые результаты подбора моделей на участке работ представлены на рисунке 4. Как видно на рисунке наблюдаемые кривые имеют минимальную погрешность сходимости с теоретической кривой, менее восьми процентов до глубины в 1 км, что дает утверждать о достоверной информации в этих пределах.

Далее на рисунке 5(а) представлена трехмерная модель осадочного чехла, полученная в результате обработки записанного материала. Рисунок 5(б) демонстрирует трехмерную модель с выделенными на ней проводящими зонами при значении сопротивлений равными 120 и 200 Ом*м.

Анализ данных ЭМЗВП в центральной Монголии показал, что чувствительность АПЭК «Марс» достаточна для выделения низкоомных объектов на глубинах более 1км, которые могут свидетельствовать о возможном наличии термальных вод.

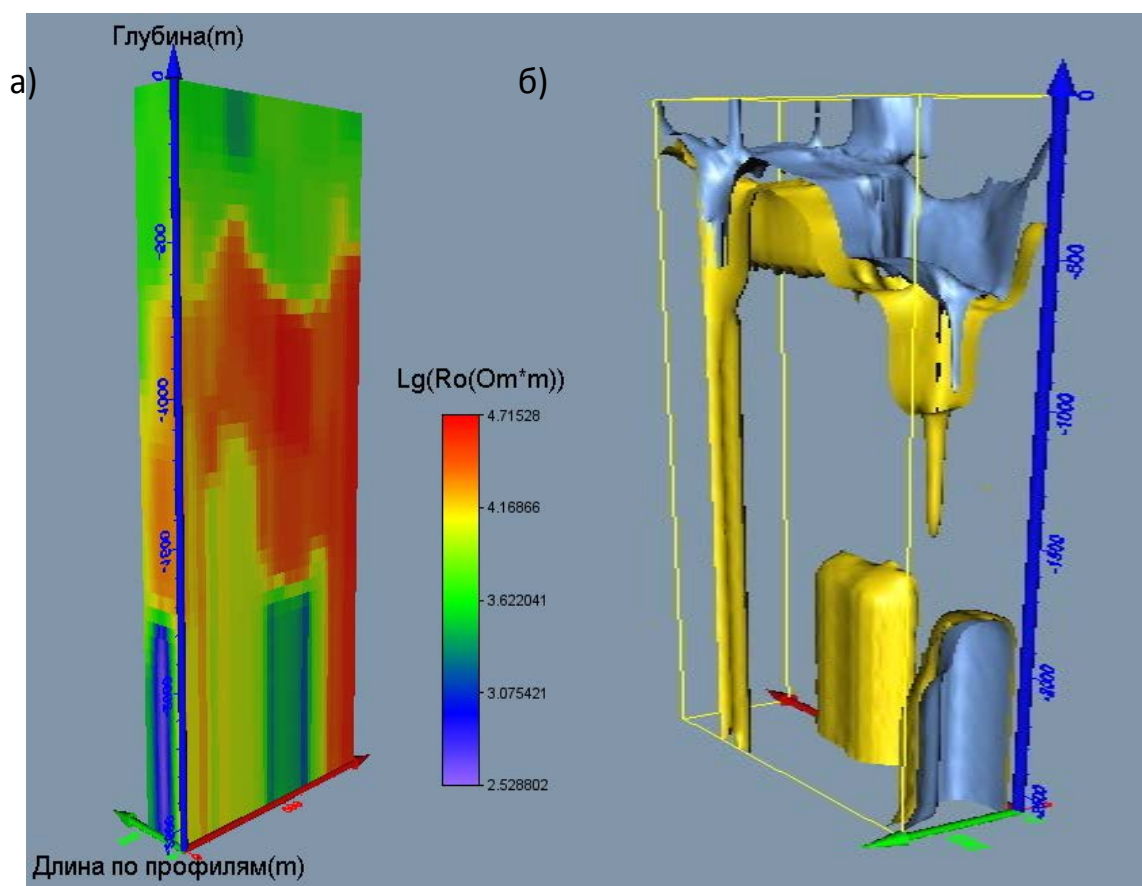


Рис. 5 а - трехмерная модель изометрического осадочного чехла, б – трехмерная модель с выделенными проводящими зонами.

Литература

1. Давыденко Ю.А., Давыденко А.Ю., Куприянов И.С., Пестерев И.Ю., Попков П.А., Слепцов С.В., Яковлев С.В. Эффект интеграции робастного регрессионного анализа с инверсией для переходных процессов в методе срединного градиента при изучении трубок взрыва на Анабарском щите // Записки горного института, Санкт-Петербург, 2013. Т. 200. С. 28-33..
2. Cole K.S., Cole R.H. Dispersion and absorption in dielectrics // J. Chem. Phys. – 1941. –v.6. – P. 341-353.
3. Lee T. Transient response of a polarizable ground // Geophysics. – 1981. – Vol. 46. - N 7. – p. 1037–1041
4. Pelton W.H., Ward S.H., Hallof P.G., Sill W.R., Nelson P.H. Mineral discrimination and removal of inductive coupling with multifrequency IP // Geophysics. – Vol. 43. – NO 3. – 1978. – P. 588-609

ВЕРИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ЗОНДИРОВАНИЙ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

Папкин А.В. студент, Иркутский государственный технический университет,
Шарлов М.В. ЗАО «ИЭРП», к.г.-м.н. Буддо И.В., ЗАО «ИЭРП», к.т.н Агафонов
Ю.А. ЗАО «ИЭРП»

В данной статье рассматривается задача обработки данных, осложненных помехами разного рода. При обработке кривых ЗСБ, необходимо правильно подобрать алгоритм осреднения (фильтрации), при котором дисперсия результирующего сигнала будет минимальной. Эффективность фильтрации оценивается для двух алгоритмов: осреднение с помощью среднего арифметического (далее среднее арифметическое) и комбинированный фильтр 50 Гц.

Среднее арифметическое применяется, если наблюдения независимы, случайные величины имеют одинаковые средние и постоянные дисперсии, все наблюдения нормально распределены. Однако, даже несколько резко выделяющихся значений, далеко отстоящих от основной массы наблюдений, могут изменить среднее значение очень сильно, а оценку дисперсии - катастрофически.

Комбинированный фильтр 50 Гц состоит из двух этапов.

1) На ранних временах становления используется фильтр, основанный на алгоритме декомпозиций. На первом этапе происходит анализ характеристик помехи, их определение с заданной точностью. На втором этапе происходит синтезирование помехи. На заключительной стадии – вычитание синтезированной помехи из осложненного сигнала;

2) Для обработки кривой ЗСБ в поздней стадии становления использовался фильтр НЧ (низких частот), поэтому он отсекает все частоты выше своей полосы пропускания.

Процесс верификации алгоритмов обработки сигналов ЗСБ будет проходить в соответствии с блок-схемой, представленной на рисунке 1.

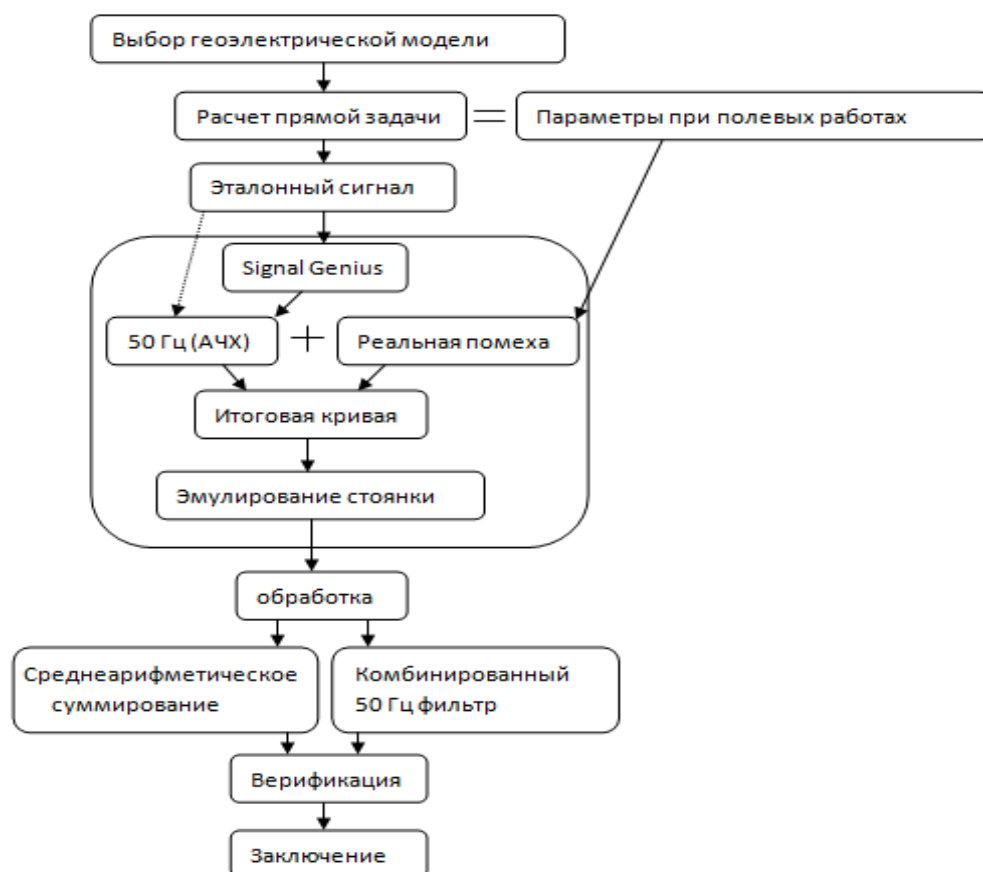


Рис. 1. Блок-схема процесса верификации алгоритмов подавления помех.

Программа *SignalGenius* (М. В. Шарлов), предназначена для генерации (синтезирования) сигналов специальной формы. С помощью программы *SignalGenius* создается синтезированный сигнал, представляющий собой помеху с частотой 50 Гц и подгружается эталонный сигнал. Затем в данной программе складываются два сигнала, дополнительно подмешивается реальная шумовая помеха. В результате получается итоговая кривая, осложненная синтезированной помехой с частотой 50 Гц и наблюдаемым нормальным шумом. Затем проводится сравнительный анализ результатов обработки двумя алгоритмами, в чем и заключается оценка эффективности алгоритмов обработки сигналов ЗСБ.

Работа с программой *SignalGenius*

В программу сначала загружается сигнал, масштабируется в соответствии с необходимыми параметрами и синтезируется чистый сигнал без шумов. Когда мы добавляем реальный шум, то нажав на кнопку «синтезировать» на сигнале появляется шум. В зависимости от параметров исходного сигнала подбирается шум, более точно подходящий по параметрам на определенном участке работ. На рисунке 2 показан смоделированный сигнал с шумом.

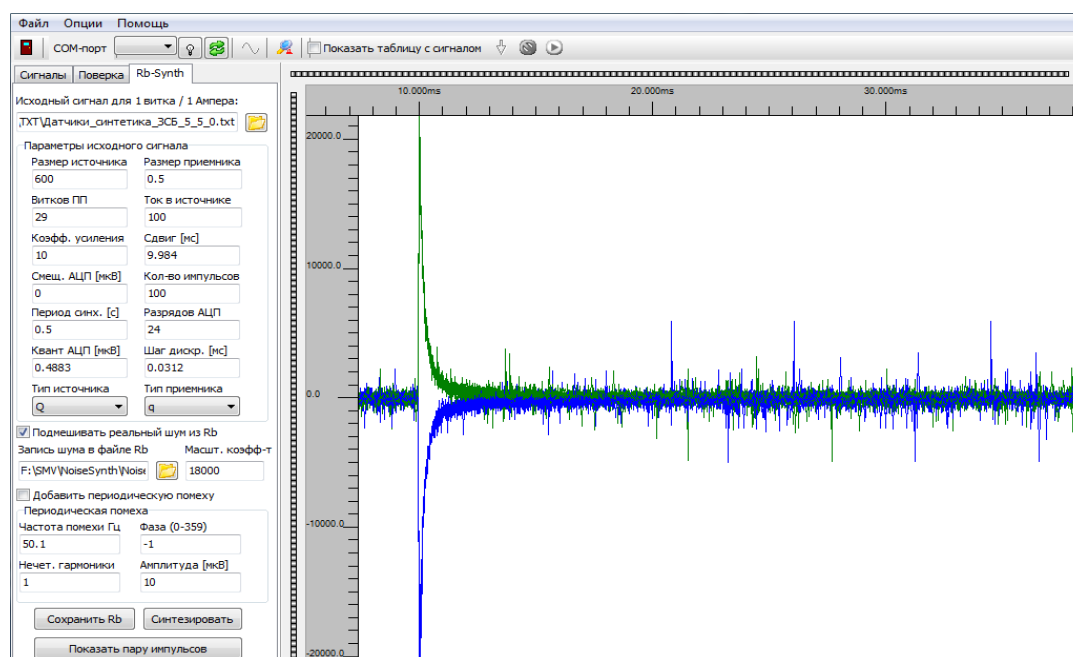


Рис.2. Рабочее окно программы

Получение эталонного сигнала от геоэлектрической модели

В качестве эталонного сигнала используется синтетическая кривая, рассчитанная для геоэлектрической модели, типичной для участка работ (Таблица 1). «Эталонный» сигнал рассчитывается в программе *Model3* для заданной установки (размер источника 600×600 м, размер приемника 18×18 м, и величины тока - 1 А).

Таблица 1 геоэлектрическая модель

#	Rho, Ohm*m	H, m
1	4	30
2	2.6	56
3	6.5	100
4	3.4	120
5	4	200
6	1.5	150
7	1.08	150
8	0.87	170
9	1.3	200
10	0.8	138.28
11	0.7	190.59
12	0.7	141.62
13	0.75	511.01
14	1.4	685.75
15	1.4	150
16	5	628.50
17	40	1000

В результате для выбранной модели была рассчитана теоретическая кривая ЗСБ (рис. 3). Геометрия установок принята такой же, как и при проведении полевых работ.

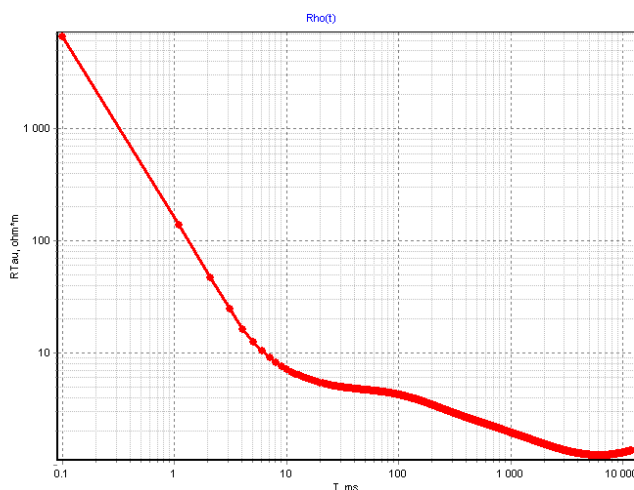


Рис. 3. Эталонная кривая кажущегося сопротивления (ЗСБ).

Осложнение сигнала шумом

На данном этапе происходит осложнение сигнала шумами различной природы, а именно – типичным шумом измерительного тракта, импульсными помехами и гармонической помехой 50 Гц. Добавление шумов измерительного тракта и импульсных помех производится путем

загрузки реальной «шумовой» записи из файла (используются стандартные файлы формата «*.rb»), содержащие шумовые записи) и добавления этого шума в случайном порядке к эталонному сигналу.

При необходимости сигнал в дальнейшем может быть осложнен гармонической помехой с заданной основной частотой. Так как файлы «*.rb» содержат несколько десятков импульсов (стандартное количество импульсов: 24, 50, 100, 200), помеха рассчитывается для всего временного диапазона. При добавлении гармонической помехи могут задаваться следующие параметры: основная частота, количество кратных нечетных гармоник основной частоты, стартовая фаза (либо случайное задание фазы), изменение периода помехи во времени, нестационарное изменение амплитуды помехи во времени. Такой подход позволяет смоделировать помеху, реально наблюдаемую в урбанизированных районах и изменяющуюся по характеристикам во времени. В целом, подход, реализованный в блоке *Rb-Synth*, позволяет синтезировать исходные файлы с известным «эталонным» сигналом, осложненным электромагнитными помехами различного генезиса, с характеристиками, аналогичными реальным помехам. В результате мы получаем синтезированный шум 50 Гц. Таким образом, к синтезированному эталонному сигналу добавляется реальный и синтезированный шум, как показано на рисунке, выгруженном из программы *SignalGenius* (рис. 4).

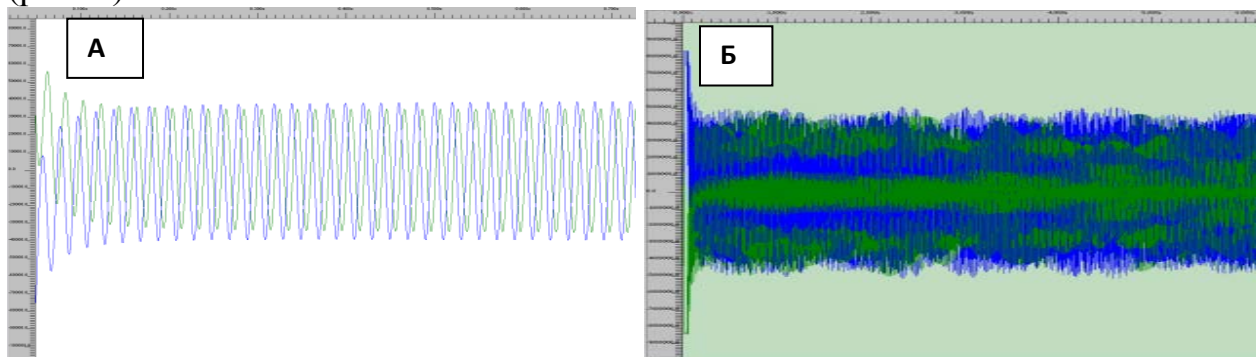


Рис. 4. Итоговый эталонный сигнал, осложненный синтезированной помехой с частотой 50 Гц: А – пара импульсов; Б – 100 импульсов с дополнительно наложенным реальным шумом.

Результат обработки кривых

Полученные кривые ЗСБ были обработаны двумя способами: среднее арифметическое и с использованием комбинированного фильтра 50 Гц. Сравнение результатов обработки кривых показано на рис. 5.

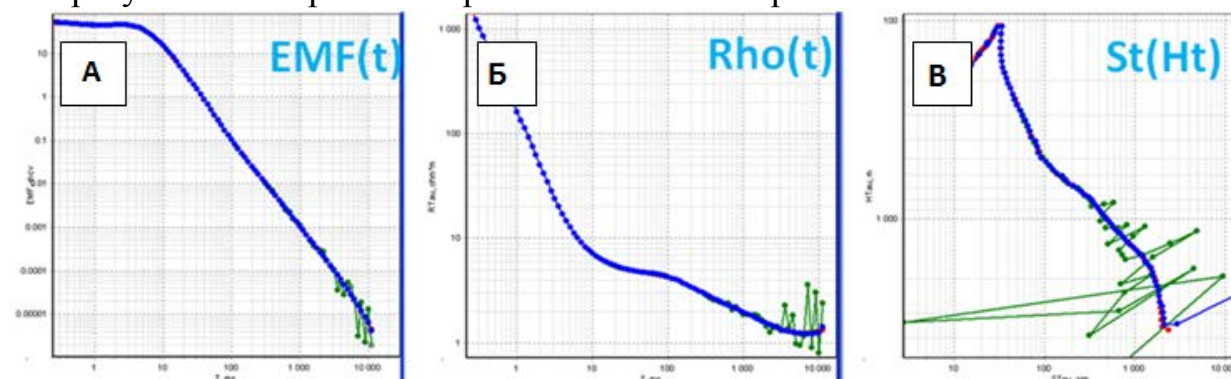


Рис. 5. Кривые ЗСБ: А – ЭДС от времени становления; В – кажущегося сопротивления от времени становления; С – кажущейся проводимости от кажущейся глубины.

Красным – эталонная кривая; зеленым – кривая, обработанная средним арифметическим; синим – кривая, обработанная комбинированным фильтром 50 Гц.

Рис. 5 показывает, что кривая, обработанная средним арифметическим, имеет большую дисперсию на временах более 300 мс. Использование комбинированного фильтра 50 Гц эффективно ослабляет шум. Наибольшая дисперсия характерна для поздних времен становления, где сигнал слишком слаб. Процентное расхождение результатов обработки с эталонным сигналом показано на рис. 6.

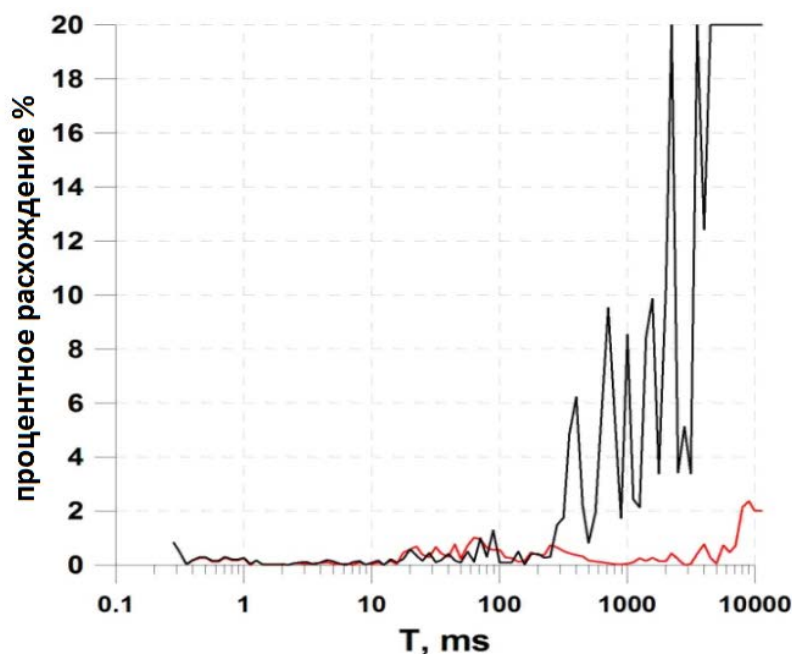


Рис. 6. Процентное расхождение результатов обработки.

Черным – кривая, обработанная средним арифметическим; красным – кривая, обработанная комбинированным фильтром 50 Гц.

Как видно из рисунка 6, среднее расхождение для среднего арифметического составляет 19%, для комбинированного фильтра 50 Гц – 0,46 %.

Заключение

На основании вышеприведенных исследований можно сделать ряд выводов:

1. Помеха 50 Гц может быть смоделирована с различными переменными параметрами: амплитудой, фазой, частотой, количеством гармоник. Добавление фонового шума позволяет получать объединенный шум, наиболее близкий к реальному;
2. Среднее арифметическое не может справиться с такой сильной помехой;
3. Комбинированный фильтр 50 Гц эффективно подавляет шум и не искажает исходный сигнал.
4. Методика верификация алгоритмов обработки позволяет убедиться в надежности их работы.

Литература

Хемминг Р.В. *Цифровые фильтры*, г. Москва, 1987г. – 221с.

Гайдышев И. *Анализ и обработка данных*, г. Санкт-Петербург, 2001г. – 752с.

Дж. С. Дэвис *Статистический анализ данных в геологии*, г. Москва, 1990г. – 319с.

УДК 622.7

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ (ЭМЗВП) НА АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ И РУДНЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИОЛЬХОНЬЯ

Ткачева К.Ю. , студентка гр. РФ-09, Иркутский Государственный Технический
университет, г.Иркутск

Давыденко Ю.А., к.т.н., доцент, ИрГТУ

В рамках разработки аппаратно-программного электроразведочного комплекса «Марс» в Приольхонье были проведены площадные электроразведочные работы по технологии электромагнитных зондирований и вызванной поляризации (ЭМЗВП). Помимо чисто технических задач, возникающих при пуско-наладочных работах, оценивалась минимальная глубина исследований и разрешающая способность технологии ЭМЗВП. В качестве эталонного объекта был выбран археологический памятник «Курминское озеро-2», выделенный по данным детальной магнитной съемки. На данном участке площадью 10х10м., на глубине до двух метров расположены явные сыродутные железовосстановительные горны. В результате была выполнена площадная съемка в объеме около 450 точек зондирования: установкой срединного градиента регистрировались переходные процессы до

125 мс. Инверсия данных ЭМЗВП в рамках параллельнослоистой поляризующейся модели показала чувствительность к изменению геоэлектрических параметров в пределах первых 2-х метров, а на глубине около 20 м уверенно выделяется графитизированный проводящий слой.

1-2 июня 2013 г. проведены опытно-методические работы по технологии ЭМЗВП, главной целью которых являлось тестирование возможности использования аппаратно-программного электроразведочного комплекса «Марс» для решения задач инженерной геофизики и выполнения археологических исследований.

Опытные работы проводились в малонаселенном районе, в 280 км от г. Иркутска на берегу озера Байкал (район Малого Моря, залив Курма). Исследовался археологический памятник «Курминское озеро - 2», который находится в 1,8 км к северу от д. Курма, вблизи дороги «Курма - Зама». В центре участка находится ряд слабовыраженных изометричных и вытянутых вдоль склона углублений (рис. 1б). По всей территории участка (более 1500 м²) обнаруживаются кусочки шлаков. Результаты, полученные при проведении магнитометрических съемок в течение предыдущих лет, свидетельствуют о сложной структуре магнитного поля участка (рис.1а). В рамках аномальной зоны выделяется 9 локальных аномалий (с интенсивностью более 200 нТл), интерпретируемые как металлургические горны.

Результаты проведенных ранее археологических раскопок и магниторазведочных исследований показали, что в Приольхоне на рубеже эр использовались ямные сыродутные железо-восстановительные горны [2]. Радиоуглеродное датирование показало, что деятельность этих металлургических центров относится к концу I тыс. до н. э. - началу I тыс. н. э. Рабочая камера таких горнов сооружалась в плотном суглинке, на краю ямы либо канавы, глубина которых достигала 1,5 метров. Рабочая камера имела воронкообразную форму (похожую на перевернутую наклонную треугольную пирамиду, с закругленными ребрами). Верхнее отверстие рабочей камеры горна выходило на дневную поверхность, а нижнее - в пригорновую яму, на глубине 1,0 - 1,4 м. Нижнее отверстие горна закрывалось куполообразным, каменно-кирпичным сооружением. Фрагменты такого сооружения были обнаружены во время раскопок у нижнего отверстия рабочей камеры одного из горнов металлургического центра Курминское озеро - 1.

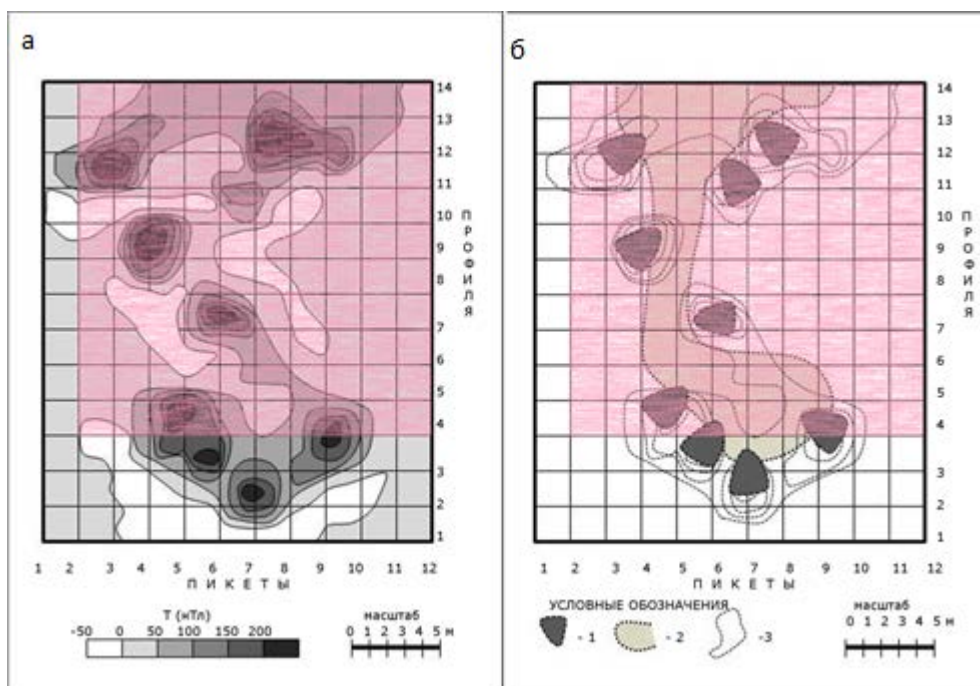


Рис. 1. Результаты магнитометрических съемок (а) и схема предполагаемого строения металлургического центра (б) на участке Курминское озеро - 2. Розовым цветом отображен участок, на котором были выполнены детальные электроразведочные работы по технологии ЭМЗВП.

Технология ЭМЗВП предполагает регистрацию полной формы переходного процесса от горизонтального электрического диполя с помощью заземленной линии. Измерения проводились установкой срединного градиента с юго-западной стороны от силовой линии АВ на расстоянии около 100 метров. Генераторный диполь АВ из геофизического провода ГПМП длиной 200м был протянут поперек проселочной дороги с юга-востока на северо-запад. Восточной заземление В из 4-х железных электродов было расположено в болотистой местности, а западное заземление А из 6-ти электродов на сухом участке, на склоне холма. В итоге сопротивление заземления линии АВ составило 200 Ом. Силовая установка, которая состояла из бензинового агрегата мощностью 2 кВт и коммутатора ВП-1000, генерировала последовательность разнополярных, стабилизированных по току импульсов величиной в 2 А в режиме импульс (+) – пауза - импульс (-) - пауза. Длительность токового импульса равна длительности токовой паузы и составила 125 мс.

Заземление приемных электродов производилось в первые 10-20 см грунта. Грунт на площади различный, со значительной примесью кусков шлаков и горных пород, обожженных суглинков, с высоким удельным электрическим сопротивлением (УЭС) - около 30 кОм. Используемая приемная аппаратура состоит из 4-х канального измерительного модуля с 18-ти разрядным АЦП последовательного приближения с частотой дискретизации 100 кГц. Проводилась непрерывная запись серии разнополярных импульсов длительностью около двух минут, за это время регистрировалось более 200

переходных процессов в токовой паузе. Четырьмя измерительными каналами одновременно регистрировался сигнал, поступающий через приемную косу от четырех разносов M_1N_1 , M_2N_2 , M_3N_3 и M_4N_4 , с расстоянием в 0,5 м между электродами.

Запись проводилась приемными линиями MN, параллельными силовой линии АВ. В амплитудах переходных процессов, нормированных на поле, взятое в момент пропускания тока, отчетливо видны геоэлектрические неоднородности: более проводящие, по сравнению с вмещающими породами, горны и предгорновая яма.

В ходе тестовых измерений было записано 448 физ. наблюдений:

- 420 физических наблюдений были записаны параллельно с питающей линией на удалении 100-110 метров от нее (Line 1- Line 105);
- 8 контрольных физических наблюдений были записаны параллельно с питающей линией на удалении 100-110 метров от нее (Line 42 - Line 43);
- 20 физических наблюдений были записаны перпендикулярно питающей линии на удалении 100-110 метров от нее (Line 106 – Line 110).

Полученные данные были проинтерпретированы в программе Mars 1D. Массовая инверсия кривых ЭМЗВП проводилась в рамках одномерной поляризующейся модели. Использовалась формула Cole-Cole [3], описывающая комплексное, зависящее от частоты удельное электрическое сопротивление.

В результате подбора подтвердилась высокая чувствительность кривой зондирования к геоэлектрическим параметрам верхней части разреза, где с помощью автоматической инверсии выделяются слои мощностью около метра. Для того чтобы выделить горны, в модели используется два верхних слоя толщиной до 2 м. Мощность проводящего, вероятно графитизированного слоя, ограничена двумя метрами на глубине около 20 м. Массовый полуавтоматический подбор показал устойчивость данной модели, среднеквадратическая невязка, как правило, не превышала 10% .

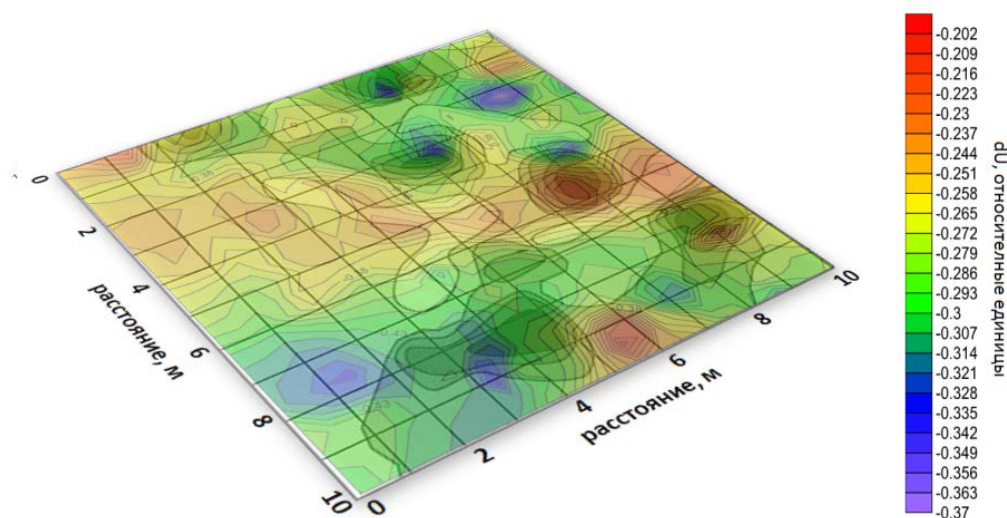


Рис.2. Проявление горнов в регистрируемом электромагнитном поле при времени задержки в 0.1 мс.

Полученные результаты дают основание считать, что материалы могут быть использованы для дальнейшей количественной интерпретации в рамках как одномерных, так и трехмерных моделей с учетом частотной дисперсии электропроводности. Зарегистрированные массовые данные свидетельствуют о высокой разрешающей способности аппаратно-программного электроразведочного комплекса «Марс», пригодного для решения задач рудной и инженерной геофизики, выполнения археологических исследований и поисков рассыпных полезных ископаемых и высокой производительности технологии ЭМЗВП.

Литература

1. Давыденко Ю.А., Давыденко А.Ю., Куприянов И.С., Пестерев И.Ю., Попков П.А., Слепцов С.В., Яковлев С.В. Эффект интеграции робастного регрессионного анализа с инверсией для переходных процессов в методе срединного градиента при изучении трубок взрыва на Анабарском щите // Записки горного института, Санкт-Петербург, 2013. Т. 200. С. 28-33..
2. Харинский А.В., Снопков С.В. Производство железа населением Приольхонья в елгинское время // Известия Лаборатории древних технологий.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. Вып. 2. - С. 167–187.
3. Cole K.S., Cole R.H. Dispersion and absorption in dielectrics // J. Chem. Phys. – 1941. –v.6. – P. 341-353.

УДК 622.7

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Шакиров А.И., Пискун Л.А., гр. ТГ-13-1, НИ ИрГТУ,
Ланько А.В., доц. каф. технологии геологической разведки.

В статье рассматриваются сейсмические районирования и прогнозы землетрясений.

Ключевые слова: Сейсморайонирование, землетрясения, цунами и прогноз землетрясений.

Землетрясение - это природное явление, обладающее разрушительной силой, это непредсказуемое стихийное бедствие, происходящее внезапно и неожиданно. Землетрясение - это подземные толчки, вызванные тектоническими процессами, происходящими внутри земли, это колебания земной поверхности, которые возникают в результате внезапных разрывов и смещений участков земной коры. Землетрясения происходят в любой точке земного шара, в любое время года, определить, где и когда, и какой



силы будет землетрясение фактически невозможно. Они не только разрушают наши дома и изменяют природный ландшафт, но и сносят с лица Земли города и уничтожают целые цивилизации, они приносят людям страх, горе и смерть.

Как измеряется сила землетрясения Интенсивность подземных толчков измеряется баллами. Землетрясения силой 1-2 балла улавливаются только специальными приборами - сейсмографами. При силе землетрясения в 3-4 балла колебания уже улавливают не только сейсмографы, но и человек - раскачиваются предметы, окружающие нас, люстры, горшки с цветами, звенит посуда, открываются дверцы у шкафов, покачиваются деревья и здания, да и сам человек покачивается. При 5-ти баллах трясёт еще сильнее, останавливаются настенные часы, на зданиях появляются трещины, осыпается штукатурка. При 6-7 баллах колебания сильные, падают предметы, картины, висящие на стенах, на оконных стёклах и на стенах каменных домов появляются трещины. Землетрясения в 8-9 баллов приводят к обвалу стен и разрушению зданий и мостов, даже каменные дома разрушаются, а на поверхности земли образуются трещины. 10-ти балльное землетрясение имеет более разрушительный характер - рушатся здания, происходят порывы трубопроводов и железнодорожных рельсов, возникают оползни и обвалы. Но самыми катастрофическими по силе разрушений являются землетрясения в 11-12 баллов. За считанные секунды меняется природный ландшафт, разрушаются горы, города превращаются в руины, в земле образуются огромные провалы, исчезают озёра, а в море могут появиться новые острова. Но самое страшное и невосполнимое при таких землетрясениях — это то, что гибнут люди. Так же существует другой более точный объективный способ оценки силы землетрясения - по величине колебаний, вызванных землетрясением. Эта величина называется магнитудой и определяет силу, то есть энергию землетрясения, самое высокое значение магнитуды-9.



Цунами (япон.), морские гравитационные волны очень большой длины, возникающие в результате сдвига вверх или вниз протяжённых участков дна при сильных подводных и прибрежных землетрясениях и, изредка, вследствие вулканических извержений и др. тектонических процессов. В силу малой сжимаемости воды и быстроты процесса деформации участков дна опирающийся на них столб

воды также смещается, не успевая растечься, в результате чего на поверхности океана образуется некоторое возвышение или понижение. Образовавшееся возмущение переходит в колебательные движения толщ воды — волны Ц., распространяющиеся с большой скоростью (от 50 до 1000 км/ч), пропорциональной квадратному корню из глубины моря. Расстояние между соседними гребнями волн меняется от 5 до 1500 км. Высота волн в области их возникновения колеблется в пределах 0,01—5 м. У побережья она может достигать 10 м, а в неблагоприятных по рельефу участках (клинообразных бухтах, долинах рек и т.д.) —

свыше 50 м. Максимальная скорость знакопеременных течений, сопровождающих Ц., — свыше 20 км/ч.

Известно около 1000 случаев Ц., из них более 100 — с катастрофическими последствиями, вызвавших полное уничтожение, смыв сооружений и почвенно-растительного покрова (например, в 1933 у берегов Японии, 1952 на Камчатке и др.). 80% Ц. возникают на периферии Тихого океана, включая западный склон Курило-Камчатского жёлоба. Исходя из закономерностей возникновения и распространения Ц., проводится районирование побережья по степени угрозы Ц. Мероприятия по частичной защите от Ц.: создание искусственных береговых сооружений (волнорезов, молов и насыпей), посадка лесных полос вдоль берегов океана. В 40-х и 50-х гг. в США, Японии и СССР созданы службы предупреждения населения о приближении Ц., основанные на опережающей регистрации землетрясений береговыми сейсмографами.

Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений представляют чрезвычайно важную задачу, так как от степени их достоверности зависят огромные капиталовложения в сейсмостойкое строительство. Повышение на 1 балл возможной сейсмической опасности сразу ведет к удорожанию всех строительных объектов.

Сейсморайонирование — это работа, которая учитывает множество факторов: связь землетрясений с глубинным строением земной коры; геофизическими полями; неотектоникой; геоморфологическими и геологическими особенностями района; типами горных пород, их составом и прочностью; разрывными нарушениями, трещиноватостью и другими параметрами, такими, как свойства грунта, уровень подземных вод, палеосейсмодислокации и т.д.

Прогноз землетрясений — актуальная задача сейсмологии и сейсмогеологии. Карты сейсмического районирования показывают, какие районы могут быть наиболее опасными и какой проектной силы следует ожидать здесь землетрясения. Необходимо выделять сейсмогенные зоны — зоны ВОЗ (возникновения опасных землетрясений).

Однако всех интересует наиболее трудный и важный вопрос, — когда оно произойдет? Ответить на него, конечно, нелегко, но работы в этом направлении ведутся усиленно и уже есть обнадеживающие примеры.

Прогноз может быть разный:

- долгосрочный,
- краткосрочный
- оперативный.

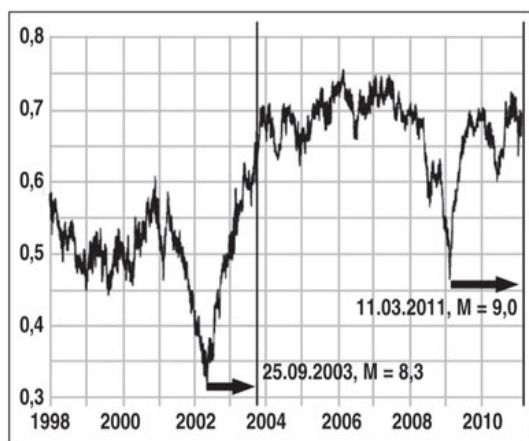
Первый дается на ближайшие десятки — сотни лет, второй — на годы, месяцы, дни и даже часы.

Предвестников землетрясений очень много и они совершенно разные. Когда речь идет о долгосрочном прогнозе, то в областях сильных землетрясений, происходящих раз в десятки лет, важным показателем является длительное отсутствие землетрясений. Чем это время больше, тем вероятность сильного землетрясения возрастает. В некоторых случаях важную роль играет периодичность землетрясений по данным многолетних наблюдений. Для краткосрочных

прогнозов большое значение имеет непрерывное наблюдение за изменением уровня земной поверхности и наклонов, измеряемых с помощью наклономеров. Увеличивающееся напряженное состояние массивов горных пород, чреватое его скорой разрядкой, должно сказываться на упругих свойствах пород, их электропроводности, скорости прохождения сейсмических волн.

Перед землетрясением часто изменяются магнитное поле, акустические свойства среды и электрический потенциал атмосферы, гидрогеохимические параметры вод, животные ведут себя необычно и т.д. Некоторые прогнозы были неудачными, а перед землетрясением 1975 г. в Китае, в провинции Ляонин в городе Хайчэн, предсказание было точным. 4 февраля в 10 ч 30 мин утра было сделано объявление о возможном сильном землетрясении в ближайшее время. Общая тревога и эвакуация населения из домов началась в 14.00 этого же дня, а в 19 ч 36 мин сильное землетрясение с магнитудой в 7,3 разрушило почти 90% зданий в городе, но число жертв не превысило 200-300 человек. Если бы жители в этот холодный день оставались дома, жертвы измерялись бы тысячами. В Китае было еще несколько удачных прогнозов, но в 1976 г. неожиданно произошло страшное землетрясение, от которого погибло несколько сот тысяч человек.

В наши дни, анализируя результаты длительных, с 1997 года, непрерывных записей микросейсмического фона на Японских островах, А. Любушин обнаружил, что ещё за полгода до сильного землетрясения на о. Хоккайдо ($M = 8,3$; 25 сентября 2003 года) произошло уменьшение среднего по времени значения сигнала-предвестника, после чего сигнал не вернулся к прежнему уровню и стабилизировался на низких значениях. Это с середины 2002 года сопровождалось увеличением синхронизации значений данного признака по разным станциям. Такая синхронизация с позиций теории катастроф — признак приближающегося перехода исследуемой системы в качественно новое состояние, в данном случае — указание на предстоящее бедствие. Эти и последующие результаты обработки имевшихся данных привели к предположению, что событие на о. Хоккайдо, хотя и сильное, всего лишь форшок ещё более мощной предстоящей катастрофы. Так, на рис. 3 видны две аномалии поведения сигнала-предвестника — острые минимумы в 2002 и 2009 годах. Поскольку после первого из них последовало землетрясение 25 сентября 2003 года, то второй мини-



мум мог быть предвестником ещё более мощного события с $M = 8,5—9$. Его место указывалось как «Японские о-ва»; более точно оно было определено ретроспективно, постфактум. Время события прогнозировалось вначале (апрель 2010 года) на июль 2010 года, затем — от июля 2010 года на неопределённый период, что исключало возможность объявления тревоги. Произошло оно 11 марта 2011 года, причём, судя по графику его можно было ожидать и раньше,

и позже.

Данный прогноз относится к среднесрочным, которые бывали успешными и прежде. Краткосрочные же удачные прогнозы всегда единичны: найти какой-либо устойчиво эффективный набор предвестников не удавалось. И сейчас нет способов заранее узнать, в каких ситуациях будут эффективны те же предвестники, что и в прогнозе А. Любушина.

Уровень наших знаний не позволяет предсказать время, место и магнитуду землетрясений. Хуже всего мы понимаем механизм землетрясений. Наши представления слишком неопределённые и не позволяют разработать систему предсказания землетрясений. Тем не менее общий характер движений в мантии, определяющих в конце концов землетрясения, уже сейчас представляется достаточно ясным. Высказывались даже мнения, что проблема предсказания неразрешима в принципе. Однако за несколько последних лет было накоплено несколько обнадеживающих данных, что снова возрос интерес к этой проблеме. В настоящее время имеются программы обширных исследований в Японии и США. О реальных надеждах говорится и в трудах американо-японской конференции 1964 г.

Совершенно иной подход к представлению землетрясений основан на возможной пространственной-временной связи между землетрясениями. Кнопов статистически исследовал повторяемость землетрясений Южной Калифорнии и показал, что их нельзя считать абсолютно независимыми событиями.

Библиографический список

1. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://vse-sekretu.ru/550-zemletryaseniya-pochemu-proishodyat-zemletryaseniya.html>
2. Понявин И. Д., Волны цунами. Л., 1965; Проблема цунами. [Сб. ст.], М., 1968; Волны цунами, Южно-Сахалинск, 1972—73 (Тр. Сахалинского комплексного Н.-и. института, в. 29—32); Соловьев С. Л., Го Ч. Н., Каталог цунами на западном побережье Тихого океана, М., 1974; их же, Каталог цунами на восточном побережье Тихого океана, М., 1975.
3. Сейсмическая сотрясаемость территории СССР. Отв. редактор чл.кор. АН СССР Ю.В. Ризниченко. М., Наука, 1979. 192с.
4. Е.Е. Милановский. Новейшая тектоника Кавказа. М., Недра, 2010. 483с.
5. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.ifz.ru/vi-otdelenie/lab-602/ljubushin-aa> - А. А. Любушин.
6. Кейлис-Борок В.И., Кнопов Л., Ротвайн И.М. Долгосрочные сейсмологические предвестники сильных землетрясений в Калифорнии Сьерра-Неваде, Новой Зеландии, Японии и Аляске. "Вычислит, сейсмол.", М., 1980, № 13, с.3-П.
7. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/vozmozhnye-dolgosrochnye-seismicheskie-predvestniki-silnykh-zemletryaseni-kavkaza#ixzz2zZMLrhPZ>

РАЗВИТИЕ ПОДХОДА ТРЕХМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ

Жаргалов Б.Б., к.г.-м.н. Буддо И.В., к.г.-м.н. Агафонов Ю.А. (ЗАО «ИЭРП»),
Ланько А.В. (НИ ИрГТУ)

Введение

В настоящее время широко используется трехмерное математическое моделирование сигналов нестационарных электромагнитных зондирований. 3D моделирование дает возможность оценивать и анализировать аномальное влияние трехмерных неоднородностей.

Данная работа описывает развитие подхода формирования стартовой модели для трехмерного математического моделирования сигналов становления. На практическом примере оценки чувствительности сигналов ЗСБ при поисках нефтенасыщенных коллекторов в геоэлектрических условиях одного из блоков в Венесуэле (условное обозначение блок Ориноко). Блок находится в Поясе тяжелой нефти реки Ориноко (крупнейшее в мире скопление нефти и битумов). Формирование стартовой модели будет осуществляться в графических редакторах «ТЕМ3DEditor» и в программном комплексе «GeoEM».

Цели работы: Показать основные достоинства графического редактора «ТЕМ3DEditor»; На практическом примере сравнить количество действий и времени, затраченного на формирование файлов для расчета оценки чувствительности сигналов ЗСБ при поисках нефтенасыщенных коллекторов в геоэлектрических условиях блока Ориноко.

1. Программные средства.

Для решения трехмерных задач геоэлектроразведки и моделирования геоэлектромгнитных процессов в горизонтально-слоистой вмещающей среде с трехмерными объектами используется программный комплекс «GeoEM». Программа разработана М.Г. Персовой, Ю.Г. Соловейчик, Г.М. Тригубович СНИИГиМС, г. Новосибирск. Программный комплекс осуществляет численное моделирование с применением метода конечных элементов (МКЭ), используются специальные вычислительные методики: разделение поля на нормальную и аномальную составляющие, генерация несогласованных конечно элементных сеток.

Для оптимизации процесса подготовки данных для расчета в программном комплексе «GeoEM» была разработана программа «ТЕМ3DEditor». Графический редактор, разработан сотрудниками компании ЗАО «ИЭРП» Емельяновым В.С., Суровым Л.В. г. Иркутск. Программа имеет расширенные возможности редактора, которые позволяют загружать данные в форматах программного

комплекса SGS-TEM, визуализировать их, редактировать с максимальным удобством и выгружать данные в нужном формате для дальнейшей обработки.

2. Формирование стартовой модели в графических редакторах «TEM3DEditor» и «GeoEM»

Трехмерное математическое моделирование начинается с формирования стартовой модели (табл. 1). формирование стартовой модели может быть осуществлено двумя путями: используя программу «TEM3DEditor» или «GeoEM»

Таблица 1.

Этапы работ графических редакторов

Этапы	GeoEM:	TEM3DEditor:
1 этап. Загрузка сети наблюдения		
1	– Импорт файла с координатами сети наблюдения; – Отображаются лишь точки наблюдения.	– Программа имеет доступ к базе данных SGS-TEM; – Сеть наблюдения загружается автоматически при открытии нужного проекта; – Отображаются точки наблюдения, а также местоположение генератор петли.
Затраченное время	10 мин.	5 мин.
2 этап. Задание параметров вмещающей среды		
2	– Параметры вмещающей среды записываются в ручную.	– Параметры вмещающей среды можно выбрать с определенной точки наблюдения; – Есть возможность записи данных вручную.
Затраченное время	10 мин.	3 мин.
3 этап. Создание объектов		
3	– Параметры объектов записываются в виде ограничений min, max по осям координат; – Учет местоположения объекта производится относительно оси координат в определенной плоскости.	– Имеется мастер моделирования. Дает возможность разбивать сеть наблюдения на определенные блоки; – Параметры объектов записываются без расчета; – Учет местоположения объектов производится по координатам центра объекта.
Затраченное время	45 мин.	20 мин.
4 этап. Выгрузка файлов для расчета и запуск расчета прямой задачи		
4	– Выгружаются три файла с параметрами среды и объектов, слоев, координат пикетов и углов генераторной петли; – Запуск расчетов подпрограммой расчетов Loop&Line.	
Затраченное время	5 мин.	5 мин.
Итоговое время	1 час 10 мин.	33 мин.

Время, затраченное в графическом редакторе программного комплекса «GeoEM» составляет 1 час 10 мин., что в два раза больше чем с использованием графического редактора «TEM3DEditor». При создании более сложной стартовой модели, содержащий большое количество объектов, увеличивается время создания, а так же увеличивается затраты времени расчета модели в программном комплексе «GeoEM» (Loop).

При формировании стартовой модели можно выделить ряд преимуществ использования программы «TEM3DEditor»:

- Программа имеет доступ к базе данных проектов SGS-TEM.
- Имеется мастер моделирования.
- Удобный просмотр модели в трехмерном пространстве.
- Возможность загрузки параметров вмещающей среды из проекта.
- Удобство задания координат объектов в трехмерном пространстве.

3. Синтезирование сигналов ЗСБ в геоэлектрических условиях блока «Ориноко»

Что бы оценить чувствительность метода ЗСБ при поисках нефтенасыщенных коллекторов в геологических условиях блока «Ориноко» было проведено математическое моделирование сигналов ЗСБ. В геологическом строении блока «Ориноко» принимают участие глинистые отложения плейстоцен-олигоценного возраста с сопротивлением порядка 7 Ом·м, водонасыщенные песчаники алевролиты и аргиллиты с сопротивлением 10 Ом·м и глинистые отложения палеозойского возраста с сопротивлением 15 Ом·м (табл.2). Нефтенасыщенные коллектора представляют собой тела изометричной формы и могут располагаться на глубине от 200 до 400 м от дневной поверхности (табл.3). Геологические параметры блока «Ориноко» задавались с учетом априорной геологической информации и материалов ГИС.

В качестве расчетной была принята установка ЗСБ с 7 приемными петлями размеров 18×18 м, генераторной петлей 300×300 м, разносы приемников составляет 0, 150, 300, 450 м.

Таблица 2.
Параметры вмещающей среды.

№	Rho, Ом·м	H, м	S, См	ID
1	7	15	2.14	Глина
2	10	125	12.5	Песчаник
3	7	100	14.29	Глина
4	7	60	8.57	Глина/Объект1
5	7	60	8.57	Глина/Объект2
6	7	70	10	Глина/Объект3
7	15	870	58	Песчаник
8	500	750	1.5	Фундамент

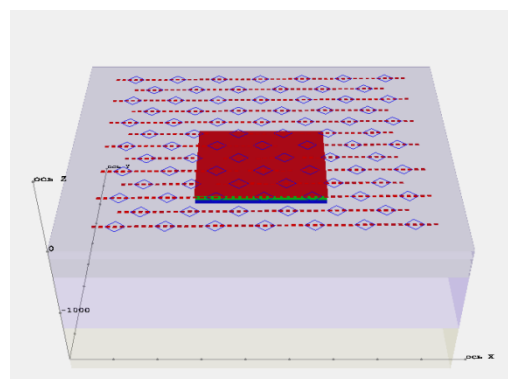


Рис. 1. Сеть надлюдения и объекты в вмещающей среде

Таблица 3.

Параметры нефтенасыщенных объектов.

Название нефтенасыщенного пласта	глубина залегания, м	мощность, м	длина, м	ширина, м	сопротивление, Ом·м
Объект1	240	60	3000	3000	215
Объект2	300	60	3000	3000	215
Объект3	360	60	3000	3000	215

4. Результаты 3D моделирования

В результате проведенного моделирования были получены синтетические сигналы ЭДС и рассчитанные трансформанты $Rho(\tau)$ и $S_\tau(H_\tau)$ (рис. 3 а, б). На рисунке 2 отображены графики расхождения ЭДС от фоновой среды от 1,2,3-х объектов. Аномальный эффект от 1-го объекта в процентном расхождении ЭДС от фоновой среды достигает 19%, для трех объектов расхождение доходит до

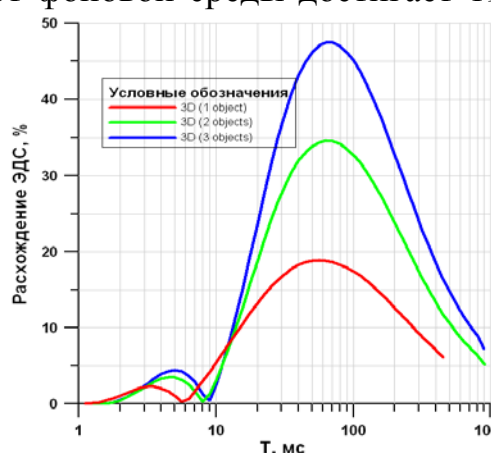


Рис. 2. Графики расхождения

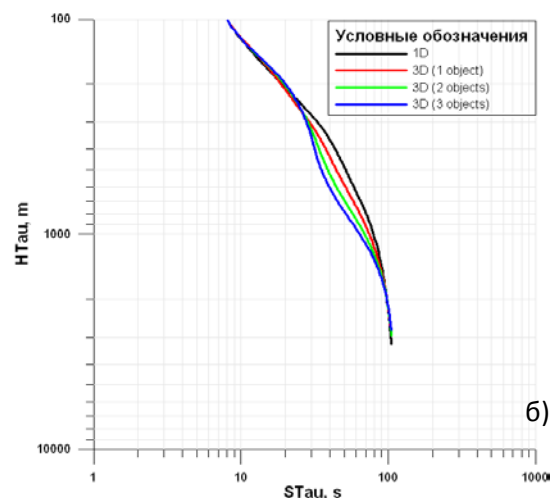
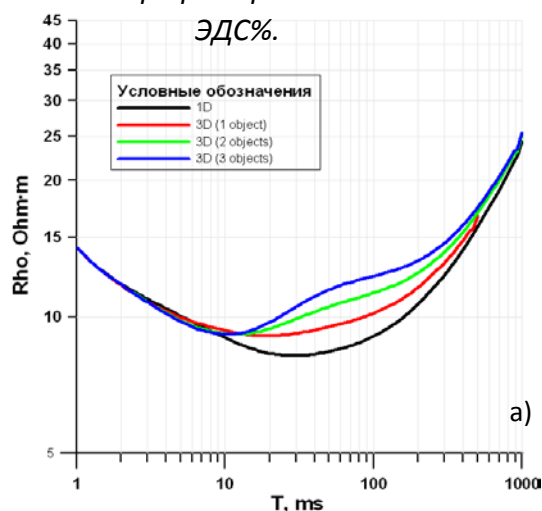


Рис. 3. Графики а) сопротивления и б) проводимости

На рисунке 5 предоставлены графики расхождения ЭДС от фоновой среды по мере удаления установки от центра объектов. При смещении установки на расстояние более 1.2 км от объектов чувствительность кривой ЗСБ многократно снижается (до 6 – 9 %) и аномальное влияние объектов начинает проявляться на более поздних временах.

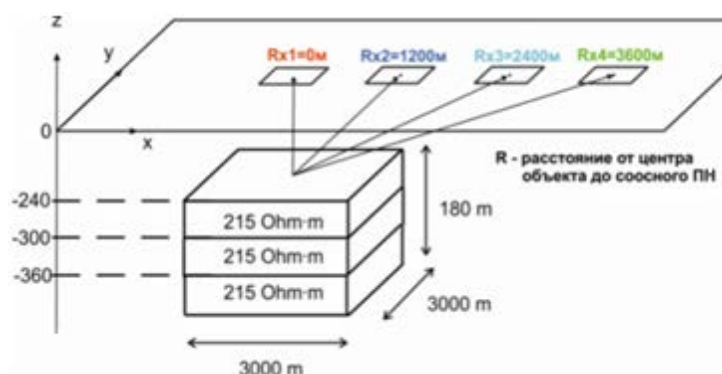


Рис. 4. Схема расположения пунктов наблюдения от центра объектов.

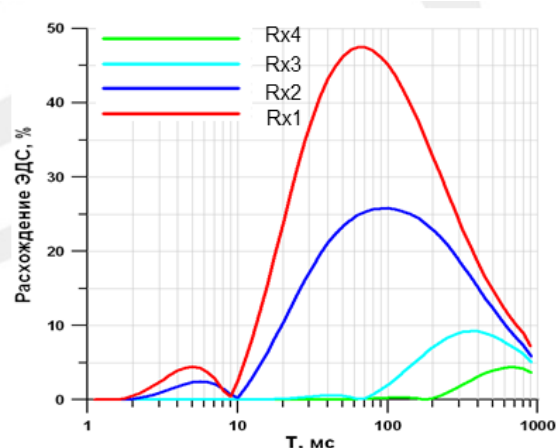


Рис. 5. Графики расхождения ЭДС%

Выводы

В результате проведенного исследования видно, что затраты времени на формирование стартовой модели в программе «TEM3DEditor» в 2 раза меньше, чем в графическом редакторе «GeoEM». Программа «TEM3DEditor» облегчает процесс формирования параметров для 3D модели. Простота в параметризации, редактировании объектов позволяет улучшить восприятие и понимание расположения различных трехмерных неоднородностей в геологической среде.

Основным положительным качеством программы «TEM3DEditor» является доступ к проектам т.к. программа интегрирована в программный комплекс SGS-TEM.

По результатам 3D моделирования сигналов ЗСБ видно, что предполагаемые размеры и высокий контраст геоэлектрических свойств нефтенасыщенных пластов позволяют надежно их картировать по материалам ЗСБ в геологических условиях блока Ориноко.

Список используемых источников

- 1) Соловейчик Ю. Г., Рояк М. Э., Моисеев В. С., Тригубович Г. М. Моделирование нестационарных электромагнитных полей в трехмерных средах методом конечных элементов // Физика Земли. 1998. № 10. С. 78–84.
- 2) Применение программных комплексов GeoEM и WebGEM для решения научных и практических задач геоэлектроразведки. Персова М.Г., Соловейчик Ю.Г., Токарева М.Г., Алексанова Е.Д., Блинова М.Е., Гусейнов Р.Г., Давыденка М.А., Егоров И.В., Ерпулев А.А., Кандакова Т.А., Семинский И.К., Трусков А.А., Яковлев С.В. Научный вестник НГТУ.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОДСОЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ПО ДАННЫМ ЗСБ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Шобохонова З.Я., Токарева О.В., Компаниец С.В., Агафонов Ю.А.
ЗАО «Иркутское электроразведочное предприятие»

Введение

В настоящее время электромагнитные зондирования методом становления поля в ближней зоне (ЗСБ) являются неотъемлемой частью комплекса наземных геофизических методов по изучению осадочного чехла Сибирской платформы. Постановка более детальных геологических задач при проведении электромагнитных исследований привело к необходимости детального расчленения геоэлектрических горизонтов и корреляции полученных значений сопротивления с емкостными параметрами пластов-коллекторов.

Цель исследований: повышение точности прогноза углеводородонасыщенных коллекторов за счет сопоставления емкостных параметров и типа насыщения со значениями сопротивления. В процессе проведения исследований проанализированы данные об испытаниях пластов и интерпретации ГИС по 15 скважинам глубокого бурения и распределение сопротивления по результатам 2D и 3D исследований ЗСБ.

Согласно схемам тектонического районирования, участок исследований располагается в пределах западного склона Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА). Геологический разрез типичен для юга Сибирской платформы и представлен отложениями юрской и кембрийской систем. Разрез дифференцируется на три комплекса (сверху – вниз): надсолевой, галогенно-карбонатный и подсолевой. Надсолевой комплекс – карбонатно-терригенный, включает в себя отложения средне-верхнего отдела кембрийской системы, юрские и четвертичные отложения. Галогенно-карбонатный комплекс представлен отложениями среднего и нижнего кембрия, в интервале бельско-булайской и усольской свит отмечаются раздувы солей. Подсолевой комплекс объединяет терригенно-карбонатные отложения венда и нижнего кембрия.

Метод ЗСБ применяется для изучения геоэлектрических характеристик разреза (сопротивления, проводимости) и выявления аномалий, связанных с распространением пластов-коллекторов. Электрическое сопротивление коллектора, согласно петрофизическим наблюдениям, зависит от:

1. *Емкостных свойств коллектора (H эф, Kn)*
2. *Типа насыщения (УВ, водное, смешанное)*
3. *Кристаллической матрицы*

Анализ закономерностей изменений сопротивления и свойств коллектора по результатам 2D ЗСБ.

По результатам работ ЗСБ построена карта продольного сопротивления подсолевого комплекса – интервала, перспективного в нефтегазоносном отношении (Рис. 1). На карту вынесены скважины с указанием результатов испытаний целевых горизонтов. В распределении сопротивления выявлено две области, характеризующихся определенным уровнем фоновых значений.

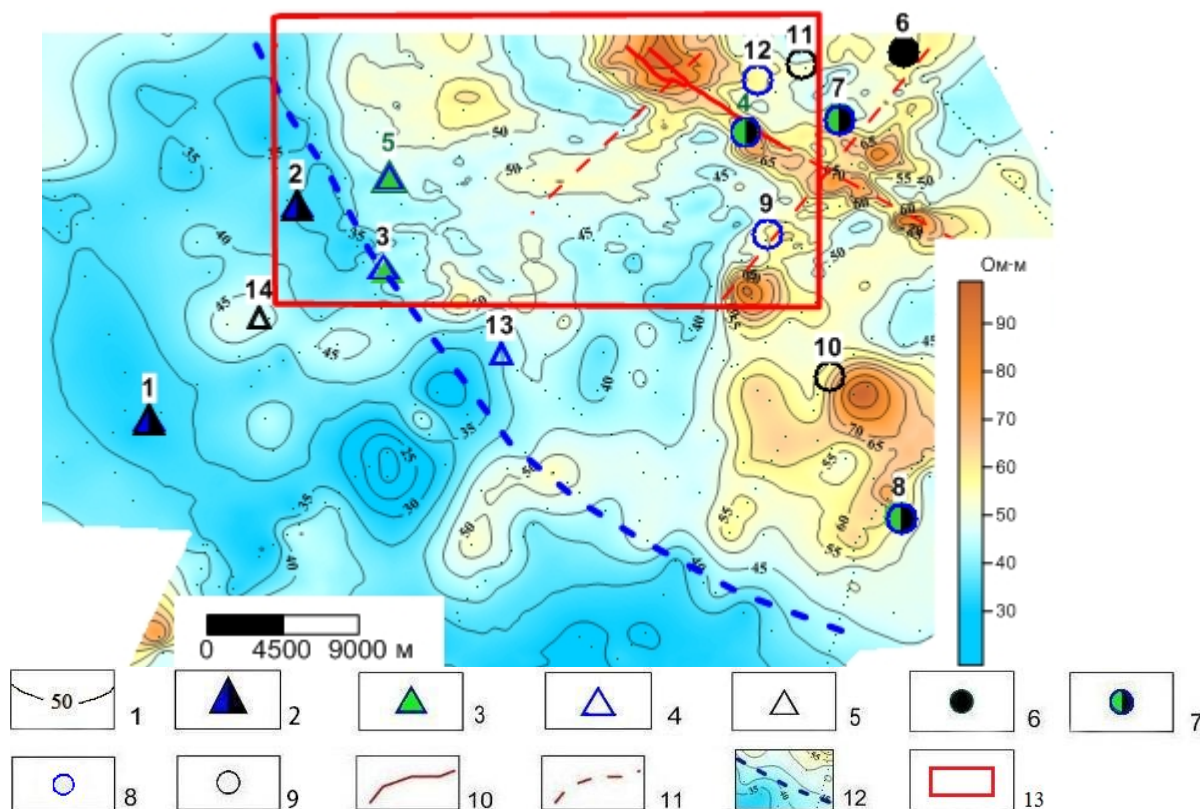


Рис. 1. Карта продольного сопротивления подсолевого комплекса по 2D ЗСБ

Условные обозначения: 1 – изолинии продольного сопротивления, Ом·м; 2 – 9 скважины глубокого бурения: 2 – 5 - юго-западная часть: 2 - с притоками нефти и воды; 3 - с притоками воды и газа; 4 - с ФБР; 5 - без притока; 6 - 9 – скважины северо-восточная часть: 6 - с притоком нефти; 7 - с притоком нефти и газа; 8 - с ФБР; 9 - без притока; 10 - основные тектонические нарушения; 11 - предполагаемые тектонические нарушения по ЗСБ; 12 - граница разделения геоэлектрических и геотектонических областей; 13 – участок 3D исследований.

Первая область – расположена в северо-восточной части исследуемой территории. По литологическому строению подсолевого комплекса данная площадь относится к Непскому своду и характеризуется относительно высокими значениями сопротивления (50 – 100 Ом·м). В данной зоне были изучены семь скважин (рис. 2А). Выявлено, что продуктивные скважины №6 и №7 соответствуют значениям сопротивления 48 – 52 Ом·м, а непродуктивные скважины №8 и №12 определяются значениям сопротивления 53 – 60 Ом·м. В итоге среднее значение, по которому проведен граничный уровень распространения коллектора, составляет 52 Ом·м.

Кроме того, отмечается закономерность, при которой постепенное сокращение эффективной мощности коллектора от 45 до 1,8 м, соответствует постепенному увеличению сопротивления от 45 до 60 Ом·м.

Вторая область – расположена в юго-западной части исследуемой территории и относится к зоне западного склона НБА. Данная территория характеризуется более низкими значениями сопротивления (30 – 45 Ом·м) в связи с большей водонасыщенностью пород подсолевого комплекса (Рис.2 Б). В данной зоне находятся пять скважин. Скважина №1 с преимущественно водным насыщением пластов-коллекторов находится в зоне наиболее низких значений сопротивления около 30 Ом·м. Скважины №2 и №3 со смешанным насыщением коллекторов (УВ+вода) приурочены к зонам, в которых сопротивление составляет 35 – 40 Ом·м. Скважины №13 и №14 с отсутствием притоков из коллекторов находятся на территориях со значениями 45 – 47 Ом·м.

Таким образом, по результатам 2D ЗСБ на площади выявлено два граничных уровня значений сопротивления 42 и 52 Ом·м (для юго-западной и северо-восточной областей соответственно), разделяющих зоны на коллектор и не коллектор (Рис. 2). Дополнительно, в юго-западной части территории по изолинии 35 Ом·м околонтурена зона распространения преимущественно водонасыщенного коллектора. В результате сопоставления выявлена закономерность между насыщением и значениями сопротивлений по ЗСБ.

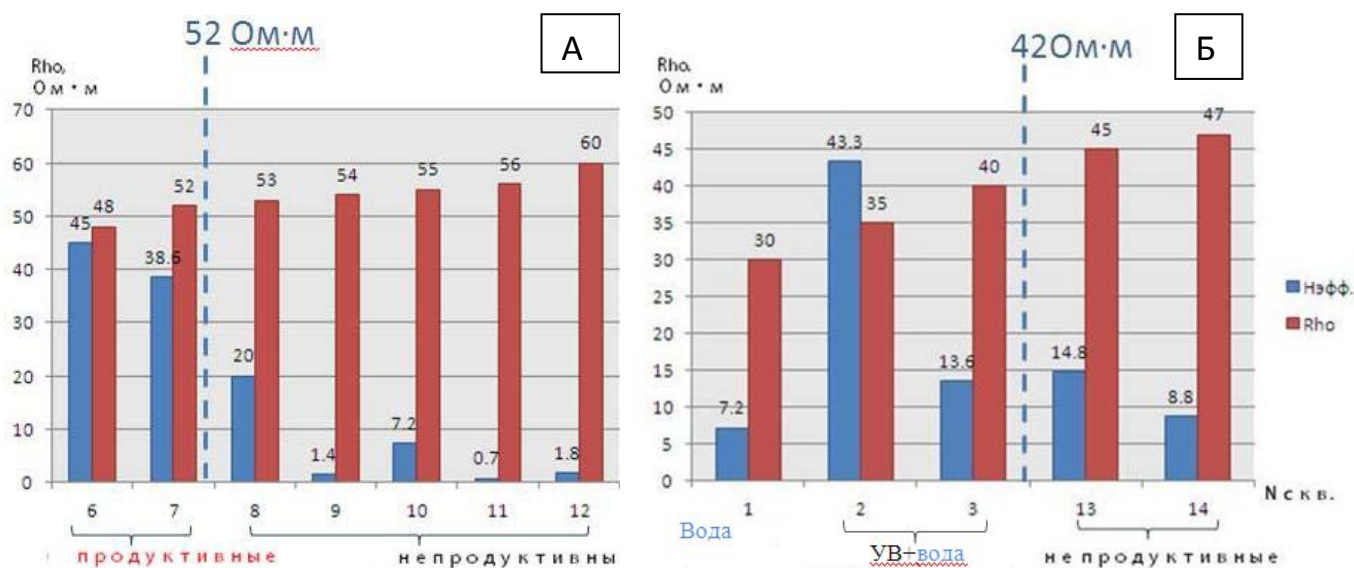


Рис. 2. Диаграммы сопоставления свойств коллектора по данным ГИС и значений сопротивления по ЗСБ. А – первая область (северо-восточная часть); Б – вторая область (юго-западная часть)

Анализ закономерностей измерений сопротивления и свойств коллектора по результатам 3D ЗСБ.

В пределах площади исследований 2D изучен участок по сгущенной регулярной сети 200×200 м с помощью методики 3D ЗСБ. В результате детальных исследований появилась возможность дифференцировать интервал подсолевого комплекса на три подгоризонта. Мощность подгоризонтов закреплена с

использованием структурных поверхностей отражающих горизонтов по данным 3D сейсморазведочных работ. Первый подгоризонт включает в себя осинский и усть-кутский карбонатные пласты-коллекторы, второй - соответствует непродуктивной толще среднемотской подсвиты и третий относится к продуктивным терригенным отложениям нижнемотской подсвиты.

Расчет геоэлектрических параметров для каждого из подгоризонтов позволил проанализировать отдельно распространение коллекторов в карбонатных и терригенных интервалах подсолевого комплекса.

На рисунке 3 представлена прогнозная карта распространения коллекторов в терригенных отложениях (третьем подгоризонте).

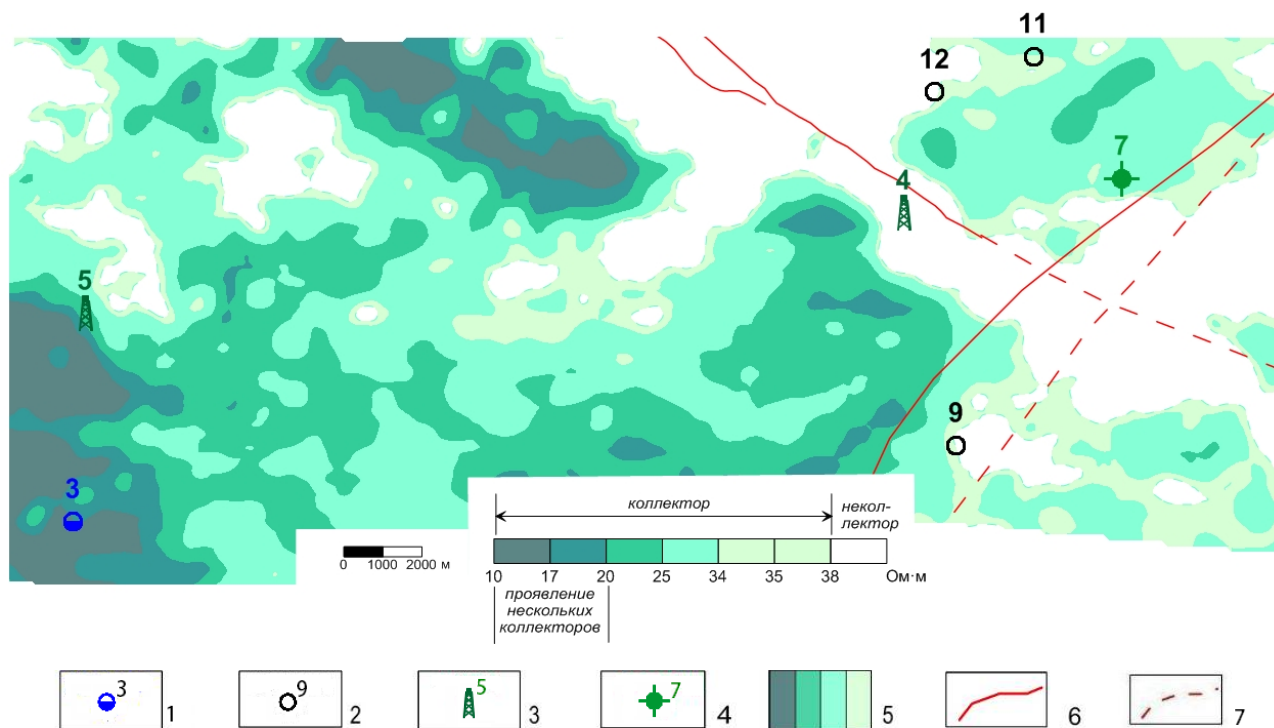


Рис. 3. Прогноз распространения коллекторов подсолевого комплекса в терригенных отложениях

Условные обозначения: 1 – 4 скважины глубокого бурения; 1 - с проявлением нескольких пластов коллекторов и смешанным насыщением; 2 - с низкими коллекторскими свойствами продуктивных интервалов; 3 - скважины находящиеся в бурении; 4 - скважины с притоками из одного пласта-коллектора; 5 - предполагаемые области распространения коллекторов нижнего подгоризонта (от кровли преображенского горизонта до фундамента); 6 – тектонические нарушения по результатам интерпретации сейсморазведочных данных 3D; 7 - предполагаемые тектонические нарушения по ЗСБ.

В контуре участка детальных исследований расположено семь скважин, две из которых находились в процессе бурения на момент проведения работ 3D ЗСБ и являются контрольными. По примеру выявления граничных уровней, представленному выше (сопоставления со скважинами), участок детальных исследований был дифференцирован на зоны распространения коллекторов (светло-зеленым цветом), зоны распространения нескольких пластов-коллекторов (темно-зеленым цветом), зоны отсутствия коллекторов (белым цветом). Скважины №4 и №5, находящиеся в процессе бурения на момент проведения электрозведочных исследований, подтвердили прогноз.

Скважина №4 относится к зоне высоких значений сопротивления, и соответственно низких емкостных свойств коллекторов. По данным ГИС выделен коллектор, но в результате испытаний притоков не получено.

Скважина №5 находится в благоприятной зоне самых низких значений сопротивления по ЗСБ, вероятного распространения нескольких пластов-коллекторов. В результате бурения выявлено два интервала с высокими емкостными свойствами и смешанным водным-углеводородным насыщением.

Выводы

1. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о тесной связи емкостных параметров и насыщения коллектора с продольным сопротивлением горизонта по ЗСБ.
2. Закрепление геометрических параметров геоэлектрической модели по данным сейсморазведки позволяет разделить подсолевые отложения на три интервала в ходе инверсии данных ЗСБ.
3. Раздельный прогноз перспектив нефтегазоносности карбонатных и терригенных подсолевых отложений существенно повышает информативность исследований ЗСБ.
4. Применение плотной сети наблюдения 3D ЗСБ позволяет повысить надежность прогноза коллекторских свойств и типа насыщения перспективных горизонтов.

Список литературы:

1. Геология нефти и газа Сибирской платформы. Под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. // М.: «Недра». - 1981.
2. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. – М. Недра, 1991.
3. Шемин Г.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007.
4. Зондирование становлением поля в ближней зоне. – М., Недра, 1976 г.

УДК 550.83

ТРЕХМЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ GOLDEN SOFTWARE VOXLER 3

Белов В.А., ст. гр. РТФ-10-1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск.

Шкиря М.С., ст. гр. РТФ-10-1, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск.

Савинов В.А., ст. гр. РФ-09, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск.

Ланько А. В., доц. каф. Технологии геологической разведки.

Программа Golden Software Voxler 3, ориентирована, в первую очередь, на объемную визуализацию и трехмерное отображение данных. В то время, как основной упор делается на трехмерные построения, Golden Software Voxler можете также использовать двумерные сетки, включая DEM файлы, изображения и рассеянные точечные данные. Golden Software Voxler может применяться для отображения линий тока, векторных участков, контурных карт, изоповерхностей, отдельных частей построенных трехмерных моделей, и во многих других случаях. Вычислительные модули включают в себя трехмерную разбивку по квадратам сетки, передискретизацию, многочисленные операции для обработки изображений. Golden Software Voxler предназначен для отображения данных в виде 3D моделей по координатным осям XYZ и C, где C является переменной составляющей в каждой точке X, Y и Z.

В модели могут производиться срезы во всех направлениях, если есть необходимость увидеть отдельные части модели. Так же модель можно рассматривать в любом ракурсе, который вас интересует, трехмерную модель можно даже анимировать. К моделям могут быть применены стандартные или пользовательские цвета. Создать трехмерную модель можно, просто импортировав файл данных, применяя любые вычислительные процессы цифровой обработки изображений, фильтры для устранения дублирующих точек данных. Другие функции вычисляют градиенты и осуществляют различные преобразования наборов данных. Golden Software Voxler автоматически выбирает разумные настройки по умолчанию для каждого нового графического вывода.

В нашем случае применение Golden Software Voxler оправданно особенностями проведения площадных работ методом переходных процессов (МПП) и методом электромагнитного зондирования и вызванной поляризации (ЭМЗВП). В ЭМЗВП используется та же методика съемки, что и в срединном градиенте, только на каждой точке записи регистрируется кривая становления поля, что позволяет использовать зондирование. Площадная съемка МПП выполняется в Якутской алмазоносной провинции с целью поиска перекрытых трапповыми индукциями кимберлитовых трубок взрыва. В обоих методах так или иначе производится привязка к глубине зондирования в зависимости от времени становления переходного процесса. Естественно, что после обработки полевых материалов их необходимо визуализировать для возможности представления в отчетной графике. Например, в результате обработки кривых ЭМЗВП мы получаем плотную сетку площадных данных до глубины двух километров. С помощью программы Golden Software Surfer мы можем отстраивать срезы по глубинам, или изохронны переходных процессов. Однако для построения полноценной трехмерной модели Golden Software Surfer не подходит, так как он может построить только 2.5D, и для построения этой модели сначала нужно будет отстраивать горизонтальные срезы. В этом плане Golden Software Voxler значительно превосходит Golden Software Surfer так как данная программа специализирована на построение 3D моделей, и работе с ними.

Ниже представлены результаты построений в GOLDENSOFTWARE VOXLER.

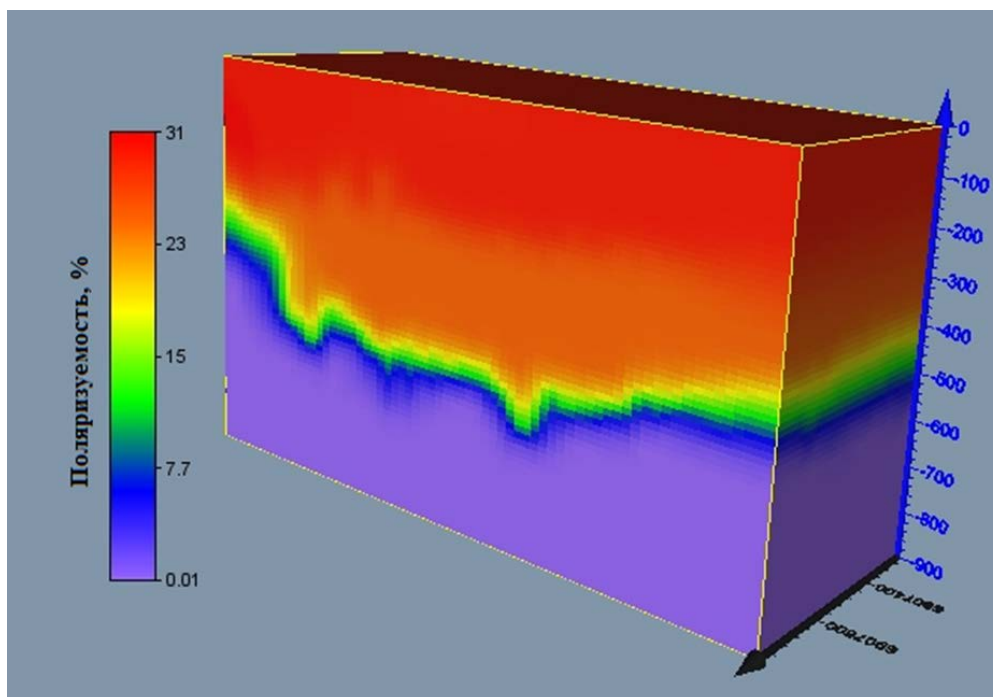


Рис.1. Распределение поляризуемости на участке Буордахский по результатам одномерной инверсии, построенное в программе GOLDEN SOFTWARE VOXLER.

Для инверсии использовалась десятислойная модель, поляризационные параметры подбирались в первых 5 слоях. Поляризуемость 5-го высокоомного слоя закономерно ниже (25 %) поляризуемости вышележащих слоев (30%). По повышенным значениям поляризуемости можно определить распространение по глубине многолетней мерзлоты, граница которой для данного региона варьирует в районе 400 м.

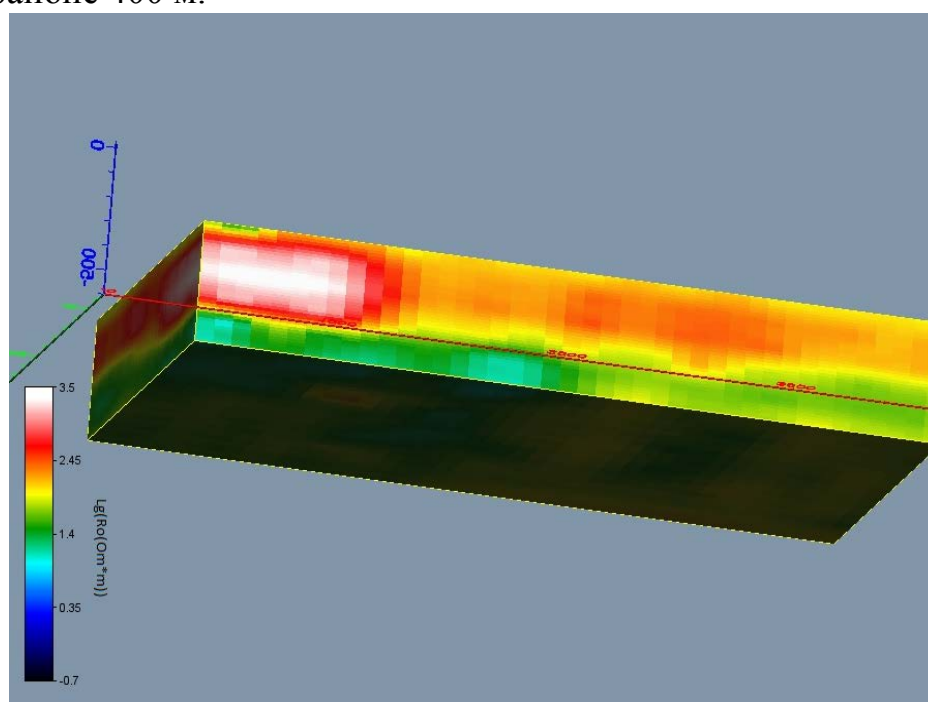


Рис.2. Трехмерное представление данных МПП, обработанных в программном комплексе MARS 1D.

На втором рисунке можно видеть объемное представление распределения удельного электрического сопротивления. Данные сглажены с помощью μ -оценки функций Хампеля в двумерном скользящем окне 3×3 что соответствует $400\text{м} \times 400\text{м}$. Сглаживание производилось в программном комплексе GelioSMIx64[3].

В общих чертах строение геоэлектрического разреза можно описать следующим образом. В верхнем слое иногда проявляются относительно низкоомные четвертичные образования, ниже которых залегают высокоомные трапы. Третий слой соответствует зоне распространения рассолов в подмерзлотном талике с высокой проводимостью и низкой поляризуемостью. Таким образом, картируется нижняя граница многолетних мерзлых пород.

Ниже на рисунках 3 и 4 показаны первые построения для данных ЭМЗВП, записанных в Монголии.

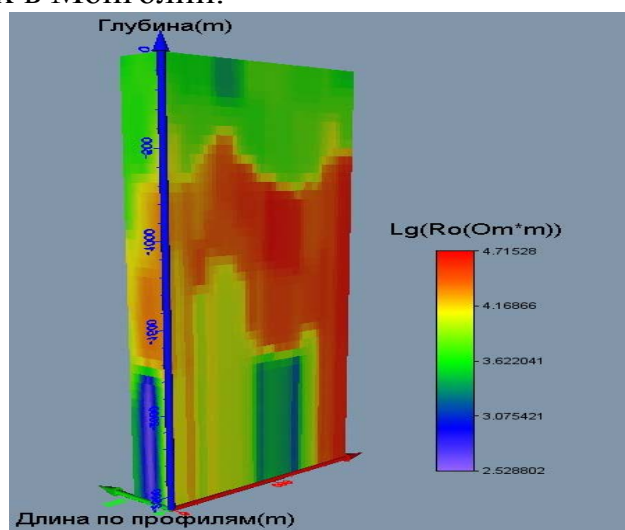


Рис. 3. Предварительный геоэлектрический разрез, построенный в программе GOLDEN SOFTWARE VOXLER.

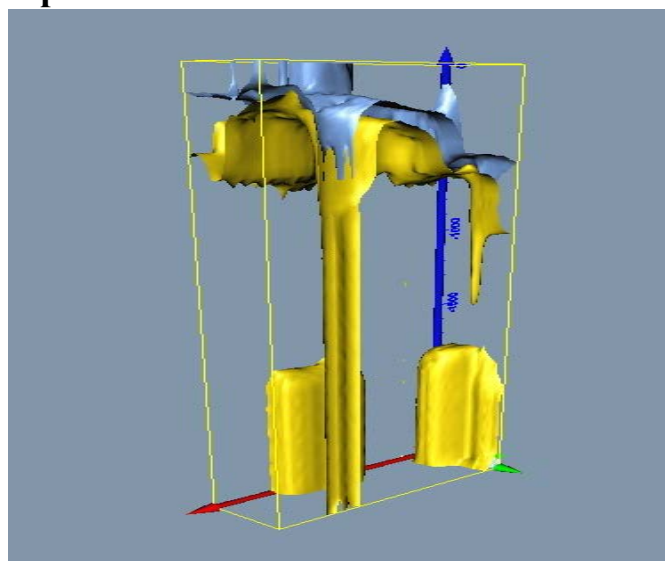


Рис. 4. Трехмерная модель с выделенными на ней проводящими зонами при сопротивлении 7943.282 и 5011.872, построенная в программе GOLDEN SOFTWARE VOXLER.

Есть в Golden Software Voxler и некоторые очевидные недостатки при применении программы в электроразведочной практике. Например оцифровка изолиний производится автоматически, задать ее произвольно нельзя, кроме того изолинии не имеют подписей. Построение моделей из множества прямоугольных блоков занимает слишком много времени. Также из-за редкого расширения полученного файла, его не возможно дополнительно обработать в других программах.

К достоинствам программы Golden Software Voxler следует отнести то, что процесс создания модели не занимает много времени, программа компактна, многовариантна, полезна при создании презентаций.

Для того чтобы избежать недостатков, описанных выше, можно использовать для построений другие программы, например TAR3D [1]. Эта программа была разработана в ИГФ НАН Украины, и как пишут разработчики в презентации своей программы, она лучше подходит для геолого-геофизических задач. TAR3D была написана в средеMATLAB, это обеспечивает ей лучшие вычислительные алгоритмы. К сожалению, воспользоваться программой TAR3D мы пока не можем, за отсутствием прав доступа к ее использованию, но мы надеемся в скором времени связаться с разработчиками.

В общем, если целью является простое создание презентаций или докладов, то Golden Software Voxler отлично подходит, но для решения более серьезных задач электроразведки имеет смысл найти альтернативную программу, которая будет специализирована на ее профессиональном применении.

Благодарности

Автор выражает признательность: автору основного текста отчета, а также научному руководителю, доценту НИ ИрГТУ, к.т.н. Давыденко Ю.А.

Литература

1. В.Н. Тарасов, И.М. Логвинов, Д.А. Литвинов. Сравнительный анализ графического представления 3Dмоделей по данным магнитотелурического зондирования, ГЕОИНФОМАТИКА, 2013, №3 (47).

2. Давыденко Ю.А., Давыденко А.Ю., Куприянов И.С., Пестерев И.Ю., Попков П.А., Слепцов С.В., Яковлев С.В. Эффект интеграции робастного регрессионного анализа с инверсией для переходных процессов в методе среднего градиента при изучении трубок взрыва на Анабарском щите // Записки горного института, Санкт-Петербург, 2013. Т. 200. С. 28-33.

3. А.Ю. Давыденко, А.В. Грайвер., Руководство пользователя программы GelioSMIx64.

ИЗУЧЕНИЕ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ЮГЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ МЕТОДОМ ЗСБ

Баранов М.А. ИрГТУ, Компаниец С.В., Токарева О.В., «Иркутское электроразведочное предприятие»

Введение

Актуальность изучения многолетнемерзлых пород (ММП) в пространстве и во времени возрастает в связи с интенсивным освоением природных ресурсов Севера и новыми проявлениями изменения климата. Решение геоэкологических проблем в криолитозоне требует разностороннего анализа воздействия техногенеза на мерзлотные компоненты природного комплекса.

Необходимой предпосылкой успешного применения электроразведочного метода ЗСБ (зондирования становлением поля в ближней зоне) для решения геологических, геокриологических, а также поисково-разведочных задач является различие электрических свойств горных пород в талом и мерзлом состояниях. Очевидно, перспективы дальнейшего развития метода, применительно к решению проблем геокриологии, ориентированы на изучение физических процессов и свойств, которые отчетливо проявляются в мерзлых породах, но практически отсутствуют в этих же породах в талом состоянии [8]

Зондирование становлением поля (ЗС) – метод электромагнитного зондирования с искусственным (контролируемым) источником, основанный на изучении поля переходных процессов, которое возбуждается в земле при импульсном изменении тока в источнике.

При исследованиях разрезов, осложненных наличием многолетней мерзлоты, методы на постоянном токе ограничены высоким сопротивлением заземления электродов и не могут обеспечить достаточную глубину исследования, в то время как ЗС успешно решают эту проблему. Проблемам изучения ММП в Восточной Сибири посвящены работы [2, 3, 4, 5].

Геоэлектрическая характеристика разреза

Плотность горных пород с увеличением льдистости уменьшается, так как лед имеет малую плотность ($0.9 - 0.95 \text{ г/см}^3$). Магнитная проницаемость и восприимчивость при промерзании пород не изменяются, причем восприимчивость в десятки и сотни раз меньше, чем вмещающих пород. Удельное электрическое сопротивление льдов из пресных вод $10^5 - 10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, а из минерализованных $10^2 - 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и зависит от содержания в них солей и их состава. В зависимости от литологии, пористости, обводненности, особенностей термического режима, льдистости и криогенного строения сопротивление скальных пород при замерзании увеличивается не более чем в 10 раз, тонкодисперсных рыхлых пород (глины, суглинки) - в 10 – 100 раз, грубодисперсных пород (пески, гравийно-галечниковые отложения) - в 100 – 1000 раз.

Электрохимическая активность мерзлых и талых пород может значительно различаться вследствие наличия и движения надмерзлотных и межмерзлот-

ных вод. Вызванная поляризация (ВП) у мерзлых пород выше, чем у талых, и достигает 2 -3 % для мелкодисперсных пород, 10 % - для льда и 15 % - для грубодисперсных пород [8].

Согласно измерениям, выполненным на территории Якутии (Якутское кимберлитовое поле) методом ЗММП, поляризация может достигать 85 % на участках с высокой льдистостью горных пород, образовавшейся в условиях зарегулированного стока поверхностных вод [5].

Для геологических условий Непско-Ботуобинской антеклизы, на основе данных ГИС, стратиграфии, результатов электроразведочных работ сформирована четырехслойная геоэлектрическая модель верхней части разреза (ВЧР) с присутствием ММП (Таблица 1). Модель характерна для высокоомных разрезов, включающих породы средне-верхнекембрийского и юрского возраста.

Таблица 1. Геоэлектрическая модель, сформированная для условий ВЧР Непско-Ботуобинской антеклизы.

Модель				
№ сл	Мощность, м	Сопротивление, Ом·м	Свита, система	Состав
1	50	200	Оруктахская, J ₁	переслаивание алевролитов, песчаников, аргиллитов, песков, глин
2	200	50	Верхоленская, Є _{2,3}	алевролиты и мергели, прослои песчаников и аргиллитов
3	170	250	Литвинцевская, Є _{1,2}	плотные доломиты с прослоями аргиллитов и мергелей
4	100	300	Ангарская, Є _{1,2}	доломиты ангидритизированные, засоленные

Математическое моделирование переходных характеристик в условиях присутствия ММП

Целью моделирования являлось исследование чувствительности сигналов ЗСБ к изменениям параметров слоя, содержащего ММП: сопротивления, мощности, поляризации.

Часто применяемая установка при малоглубинных исследованиях методом ЗСБ имеет следующие параметры: размер стороны генераторной петли - 100 м, приемной петли - 10 м. Регистрация осуществляется на разносах 0 и 100 м., при максимальном токе 7.5 А. Данные параметры установки обеспечивают необходимую глубину зондирования 300 - 400 м.

Для расчета сигналов применялась программа MODEL 3 (Суров Л.В.), основанная на математических алгоритмах для инверсии данных, в том числе и с учетом вызванной поляризации, разработанных в ИНГГ СО РАН г. Новосибирск (Антонов Е.Ю). Для модели, характеризующей высокоомный разрез ВЧР Непско-Ботуобинской антеклизы, были рассчитаны сигналы ЗСБ с изменяющимися параметрами первого слоя – горизонта присутствия ММП.

Мощность слоя составила – 10, 20, 50, 100, 150, 200, 300 м., сопротивление первого слоя – 30, 50, 100, 200, 300, 500 м. Параметры Cole-Cole: $\tau_1 = 0.001$ с, $c_1=1$, $\eta_1=2$ $\tau_1 = 0.001$ с, $c_1=1$, $\eta_1= 5, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 90 \%$. 5, 10, 30, 50, 60, 80 %. Графики расхождения ЭДС показывают высокую чувствительность к

присутствию ММП в разрезе, а также изменению их параметров (рис. 1). Поляризация значительно влияет на кривые ЗСБ, вплоть до двойных переходов через ноль, и может служить индикатором ММП в разрезе при отсутствии априорных данных о слое, содержащем ММП.

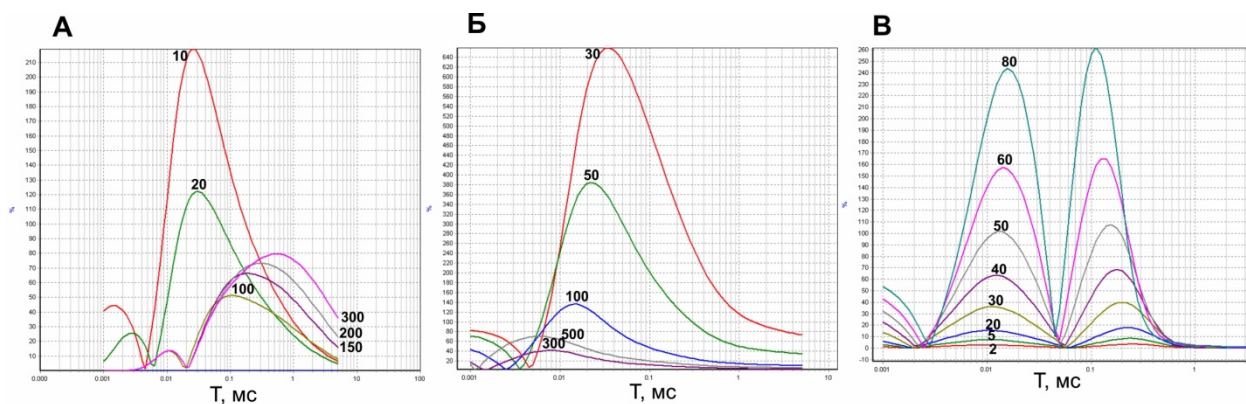


Рис. 1. Графики процентного расхождения кривых ЭДС, рассчитанных для модели 2 и различных параметров 1 слоя: А – мощности, Б – сопротивления, В – коэффициента поляризуемости. Шифр кривых – значение параметра первого слоя.

Методика полевых исследований методом ЗСБ

При производстве полевых электроразведочных работ была применена методика профильных зондирований. Регистрация осуществлялась одновременно соосно-разнесенной установкой.

В качестве источника электромагнитного поля использовалась незаземленная квадратная петля со стороной 100 м, приемные петли со стороной 10 м, шаг по профилю – 100 м (рис. 2).

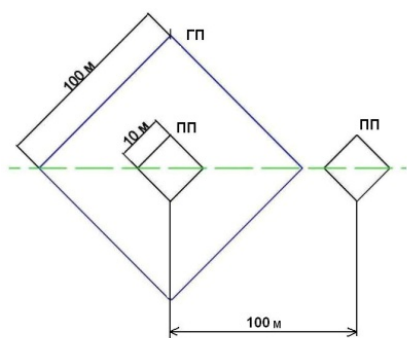


Рис 2. Схема размещения установки на профиле.

ГП – генераторная петля, ПП – приемная петля.

Одновременная регистрация соосной и разнесенной установок обладает рядом преимуществ: во-первых, позволяет выявлять такие осложняющие эффекты, как индукционно-вызванная поляризация и магнитная вязкость, которые далее учитываются их на этапе интерпретации, а также позволяет повысить производительность работ.

Работы методом малоглубинных ЗСБ проводились с использованием цифровой телеметрической электроразведочной станции «FastSnap». Преимуществом выбранной методики и аппаратуры является возможность работы в любых природно-климатических условиях.

Результаты работ

Работы методом ЗСБ проводились на участке в летний период, выполнено 1500 точек наблюдения. На рис 3. приведен пример геоэлектрического разреза, построенного по результатам инверсии данных ЗСБ на одном из профилей. В разрезе выделено пять геоэлектрических горизонтов, приуроченных к основным стратиграфическим подразделениям.

Первый геоэлектрический горизонт включает преимущественно терригенные отложения юрской системы и по геоэлектрическим свойствам разделяется на два подгоризонта.

Первый подгоризонт приурочен к приповерхностной части, имеет мощность около 10 м и характеризуется значениями сопротивления 20 – 50 Ом·м. Пониженные значения сопротивления, вероятно, обусловлены сезонным оттаиванием.

Второй геоэлектрический подгоризонт характеризуется мощностью от 60 метров до 120 м и обладает повышенными значениями сопротивления 130 – 1000 Ом·м. К таким зонам высоких значений сопротивления комплекса, предположительно и приурочены участки распространения ММП. Сопоставление с геокриологической картой [1] подтверждает данное предположение (рис.3).

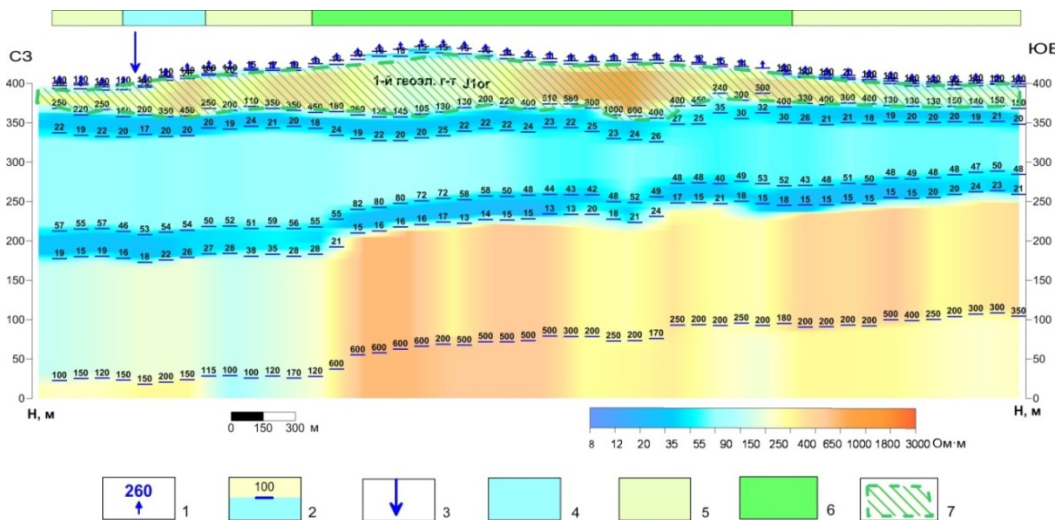


Рис.3. Геоэлектрический разрез.

Условные обозначения: 1 - точки ЗСБ; 2 – геоэлектрические горизонты и их сопротивления, Ом·м, 3 - реки, 4 - сплошное распространение многолетнемерзлых пород с присутствием радиационно-тепловых таликов до 3%; 5 - прерывистое (до 80% ММП) распространение многолетнемерзлых пород, 6 - массивно-островное (до 50%) распространение многолетнемерзлых пород (Гинин В.В, 1994 г.) 7 – предполагаемое распространение ММП.

Еще одним признаком присутствия ММП является повышенная поляризуемость, влияние которой проявляется на кривых ЗСБ, полученных на соосных наблюдениях, двойным переходом через ноль (рис.4).

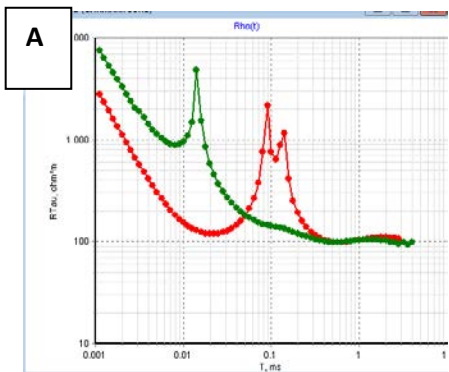


Таблица 2

№ слоя	H, м	ρ, Ом·м	η	τ, с	c
1	14	120	0.55	0.0001	0.8
2	5	44			
3	95	220			
4	22	14			
5	54	250			
6	148	250			
7	170	100			

Рис.4. Кривые кажущегося сопротивления, зарегистрированные в условиях присутствия ММП (А) (красной линией – соосное наблюдение, зеленой - разнесенное) и геоэлектрическая модель, полученная по результату инверсии (Б)

Ниже по разрезу картируется проводящий горизонт мощностью около 30 м и пониженным сопротивлением 17 – 30 Ом·м, и горизонт со средним уровнем сопротивлений 50 – 80 Ом·м и мощностью 100 - 120 м, относящиеся к породам верхоленской свиты. Породы литвинцевской и ангарской свит по результатам ЗСБ характеризуются высокими значениями сопротивления 200 – 1000 Ом·м.

Выводы

1. Результаты математического моделирования, а также полевых исследований показывают, что с помощью метода ЗСБ возможно эффективно решать задачу картирования ММП.
2. Расчеты переходных характеристик для модели ВЧР, показывает, что изменение таких параметров горизонта, как мощность, сопротивление и коэффициент поляризуемости значительно влияет на сигнал становления. Различия сигналов, полученных в условиях талых и мерзлых пород, составляет более 100 % в промежутке 0.006 – 10 мс временного диапазона даже при небольшом изменении параметров. То есть ЗСБ позволяет не только обеспечить нужную глубину исследования, но и с высокой чувствительностью зарегистрировать изменение свойств верхней части разреза, а также выделить границы перехода пород из мерзлого состояния в талое.
3. Регистрируемые переходные процессы над средой с наличием ММП имеют особенности в виде переходов через ноль, что свидетельствует о влиянии «быстрого» ВП, характерного для пород в мерзлом состоянии. Такие процессы не могут быть объяснены в рамках классической модели проводящей среды, а требуют усложнения – ввода коэффициента поляризуемости.

Литература

1. **Гинин В.В.** Гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории листа Р-49-XXXII., Иркутск, 1994.
2. **Кожевников Н.О., Артеменко И. В.** Моделирование влияния диэлектрической релаксации в мерзлых породах на переходную характеристику незаземленной петли//Криосфера Земли, 2003 г.т.VIII, №2, с. 30 – 39
3. **Матвеев Б.К.** Электроразведка. М., Недра, 1990 г. 368 с.
4. **Ним Ю.А., Омеляненко А.В., В.В. Стогний** Импульсная электроразведка криолитозоны. ОИГГМ СО РАН, 1994 г., 189 с.
5. **Стогний В.В.** Импульсная индуктивная электроразведка таликов криолитозоны центральной Якутии// Криосфера земли. 2008 г., т.XII, №4, с.46 – 56.
6. **Оленченко В. В., Кожевников Н. О., Антонов Е.Ю., Поспеева Е.В., Потопов В.В., Шеин А.Н., Стефаненко С.М.** Распространение толщ мерзлых пород в Чуйской впадине (Горный Алтай) по данным электромагнитных зондирований// Криосфера земли. 2011 г., т.XV, №1, с.15 – 22.
7. <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1181191&uri=part01.html>
8. <http://geo.web.ru/db/msg.html?uri=page27.html&mid=1161637>
9. http://irkipedia.ru/content/rasprostranenie_mногоletnemerzlyh_porod_i_inzhenern_o_geologicheskie_processy_atlas

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛОГИСТИКЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Голодкова И.А., Иркутская нефтяная компания, рук. Мироманов А.В.

Ежегодно любая организация, работающая в сфере нефтегазового производства, сталкивается с вопросом составления плана проведения гидродинамических исследований скважин (ГДИС). Качество и объемы комплексированных (ГИС, ГДИС и ГХИ) исследований скважин должны обеспечить максимальное получение информации о геолого-физических характеристиках продуктивных нефтяных и нефтегазовых залежей и пластов, необходимой для решения проблем проектирования, контроля и регулирования процессов разработки и добычи углеводородов.

План *проведения гидродинамических исследований* базируется на геологических условиях региона, транспортной доступности, времени года, технико-экономическом обеспечении исследований и накопленной информации об объекте, поэтому в нем должны быть указаны метод, регламент времени и воспроизведение исследований в каждой скважине. Соответствие сроков, объемов и качества выполнения комплексированных исследований скважин проектам и лицензиям на использование недр, контролируется органами государственного геологического контроля, органами государственного горного надзора, Центральной комиссией по разработке Минэнерго РФ, действующими в пределах их компетенции в соответствии с утвержденными положениями об их деятельности.

Руководствуясь, утвержденным протоколом заседания центральной комиссии по согласованию технических проектов разработки месторождений углеводородного сырья и включенной в него программой исследовательских работ (таблица 1) можно начинать составлять периодичность выполнения гидродинамических исследований скважин. Далее следует опираться на Руководящие Документы. Таблица 2, взятая из РД 153-39.0-109-01, описывает минимальный комплекс гидродинамических, промыслово-геофизических исследований по контролю за разработкой нефтяных месторождений. Из данной таблицы можно вынести рекомендуемые комплексы, периодичность проведения исследований указанных для эксплуатационных скважин различной категории по дебитам, по обводненности, при забойных давлениях выше и ниже насыщения, а также для нагнетательных, пьезометрических, наблюдательных, до и после проведения ГТМ.

Таблица 1. Программа исследовательских работ (в том числе доразведки).

№	Цель проводимых работ	Виды работ	Срок исполнения
I	Создание новой геологической модели продуктивных пластов месторождения		
	Проведение сейсмических работ - 3Д в объеме 344 км ² .	Обработка, переинтерпретация	2014г.
	Бурение и проведение исследований пилотных стволов эксплуатационных скважин	Электрометрия, радиометрия в открытом стволе, АК, ГГКП, СГК	Во вновь вводимых эксплуатационных скважинах
	Определение свойств пластовых флюидов	Исследование глубинных свойств проб	5% фонда скважин в год
	Отбор и исследование керн	Отбор керн	5 скважин
		Стандартные исследования керн	3-5 образцов на 1 метр отобранного керн
		Специальные исследования керн (фазовые проницаемости, коэффициент вытеснения)	ОФП - 3-5 исследований на пласт, К _{выт} - 60 исследований на пласт
	Исследование газовой шапки	определение технического состояния газонагнетательных скважин;	2014 - 2015г.
		определение продуктивности скважин, определения приёмистости скважин;	Газовые скважины, газонагнетательные скважины
		определение эффективности проведения гидроразрыва пласта (пересчёт эффекта от ГРП на газонагнетательные скважины);	скважины с ГРП
		определение потенциальной ёмкости участка залежи, ограниченной тектоническими нарушениями и границей залежи для оценки потенциальной ёмкости для закачки в случае изолированности нагнетательной скважины от добывающей	гидропрослушивание на 2 скважинах
		проведение газоконденсатных исследований для уточнения подсчётных параметров и свойств пластового газа	во всех газовых скважинах
	Контроль выработки запасов и энергетического состояния залежей		
	Определение пластового давления и контроль за текущими гидродинамическими параметрами пластов и ПЗ скважин	Гидродинамические методы исследования, снятие КВД, замеры глубинными манометрами пластового давления	Ежеквартально 10% от общего фонда скважин

Планируемый график должен охватывать весь фонд (кроме ликвидированных и консервированных), в том числе и находящихся в бурении, скважин и проводиться в таком порядке, который не понижает КПД месторождения и позволяет своевременно реагировать на изменения показателей.

Составление плана ГДИ на год, для крупных месторождений (50 и более скважин) вручную, как это делается сейчас, с учетом всех ограничений и требований, занимает неоправданно большое количество времени. И, далеко не всегда, получается, учесть все нюансы. Для решения данного вопроса, предлагается выработать оптимальный алгоритм, который, в автоматизированном режиме, позволит осуществлять распределение ГДИС по месяцам, учитывая требования ЦКР, время года, режимы работы скважин и основываться на руководящем документе РД 153-39.0-109-01. Разработанный алгоритм можно будет использоваться в ГИС, поддерживающих языки программирования. Отсутствие подобного функционала в существующих геоинформационных системах, вероятно, обуславливается различной длительностью зимнего и летнего периода, что кардинально меняет картину планирования.

Таблица 2. Минимальный комплекс гидродинамических, промыслово-геофизических исследований по контролю за разработкой нефтяных месторождений

№ п/п	Типы комплексных исследований		Виды измерений и исследований скважин																						
			Промысловые гидродинамические методы исследования скважин										ГИС				ТПИ, ГИРС, ГХИ			ГИРС					
	Категории и виды скважин		Текущая промысловая информация								Забойное давление, $P_{\text{зб.}}$	Пластовое давление, $P_{\text{пл.}}$	Метод восстановления давления	Метод установившихся отборов	Профиль притока, источники и интервалы	Профиль поглощения	Пластовая температура	Контроль положения ВНК и оценка изменения	Контроль положения ГНК и оценка изменения	Отбор и анализ проб попутной воды	Отбор и анализ глубинных проб нефти	Анализ закачиваемой воды, содержание КВЧ, Обследование технического состояния скважин			
			Дебит (приемистость) жидкости			Обводненность продукции		Газовый фактор Гф		буферное и межтрубное давление, $P_{\text{буф.}}$, $P_{\text{згт.}}$															
			низкодебитное (до 5 т/сут.)	среднедебитное (5-25 т/сут.)	высокодебитное (более 25 т/сут.)	безводные (до 2 %) и высокообводненные (более 90 %)	низко- и среднеобводненные (2-90%)	при $P_{\text{пл}} > P_{\text{нас}}$	при $P_{\text{пл}} < P_{\text{нас}}$																
1	Действующие добывающие																							П	
	в т. ч. фонтанные		■	▣	□	■	▣	●	△	□	△ ¹	● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	2 3					●				
	газлифтные		■	▣	▣	■	▣	●	△	□	△ ¹	● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	2 3					●				
	оборудов. ЭЦН		■	▣	▣	■	▣	●	△	●	△ ¹	● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	2 3					●				
	оборудов. ШГН		■	▣	▣	■	▣	●	△	●	△ ¹	● ¹	● ¹	● ¹	● ¹	2 3					●				
2	Действующие нагнетательные				△					□	● ¹	● ¹	● ¹	● ¹		● ¹							С	● ¹	
3	Контрольные											● ¹	● ¹					○	○	●					
	а) пьезометрические							●	●			●					● ¹	● ¹	● ¹						
	б) наблюдательные																	● ¹	● ¹	● ¹	●				
4	Водозаборные				▣					□											●	●			
5	При проведении ремонта или ГТМ:																								
	с изменением режима эксплуатации или сменой оборудования	до начала работ	V	V	V	V	V		V		V	V	V	V	V										
		после проведения работ	V	V	V	V	V	V	V	V			V	V	V	V									
	с изменением состояния призабойной зоны	до начала работ	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V	V	V										
		после проведения работ	V	V	V	V	V	V	V	V			V	V	V	V									
	с изоляцией приобщением пластов	до начала работ	V	V	V	V	V	V	V		V	V	V	V	V					V	V				
		после проведения работ	V	V	V	V	V	V	V	V			V	V	V	V	V			V	V				

Условные обозначения:

С	один раз в сутки	□	один раз в 3 дня	■	один раз в 7 дней	■	два раза в месяц	△	один раз в месяц
●	один раз в квартал	●	один раз в год	●	один раз в полугодие	○	один раз в 2 года	V	разовые исследования
П	профилактические	●	для первой стадии	●	один раз в год				
		○	для второй стадии						

Примечание к таблице 1.

а) Исследования рекомендуется проводить со следующим процентом охвата указанной категории скважин: 1 - 100%, 2 - 50%, 3 - 3-5%.

б) Рекомендации в числителе относятся к начальной стадии разработки - стадии слабой изученности залежи, а в знаменателе - стадии достаточной изученности, стадии возможного сокращения объемов.

УДК 622.7

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ, ПОСТРОЕННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БОКОВОГО КАРОТАЖА И ЗОНДИРОВАНИЙ СТАНОВЛЕНИЕМ ПОЛЯ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

Наумов Е.А., Токарева О.В., Компаниец С.В., к.г.-м.н. Буддо И.В., к.г.-м.н. Агафонов Ю.А.

Введение

На юге Сибирской платформы для поиска, разведки и подсчета запасов углеводородов пробурено около 1000 скважин, а также выполнены десятки тысяч наблюдений методом зондирования становления поля в ближней зоне (ЗСБ). С помощью геофизических исследований скважин (ГИС) определены границы горизонтов и их физические свойства. Наземной электроразведкой были изучены геоэлектрические свойства разреза перспективных площадей.

Актуальной задачей является сравнение геоэлектрических моделей осадочного чехла, полученных по результатам наземных зондирований методом становления поля в ближней зоне и электрометрии в скважине методом бокового каротажа (БК).

В наземном методе ЗСБ используется индуктивный источник электромагнитного поля. Распространение вихриковых токов в толще осадочных пород осуществляется субгоризонтально напластованиям. В методе БК зонд располагается перпендикулярно относительно линии горизонтально слоистой среды, но с помощью фокусирующих электродов, силовые линии распространяются вдоль напластования (рис. 1 А, Б). Результатом исследований обоих методов является значение кажущегося продольного сопротивления горных пород.

Зондирование становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) – метод электромагнитного зондирования с импульсным контролируемым источником, основанный на изучении поля переходных процессов, которое возбуждается в земле при изменении тока в источнике (рис.1, А). Исследования проводятся во вре-

менной области зондирования. Удельное электрическое сопротивление горизонтов – это интегральная характеристика разреза, зависящая от ЭДС [3].

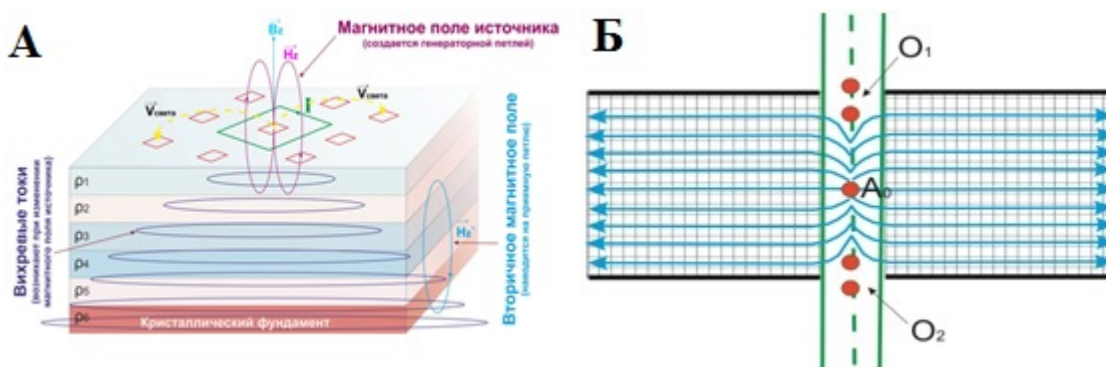


Рис. 1. Способы измерения продольного сопротивления в методах БК и ЗСБ.

А - схематическое представление системы возбуждения вихревых токов в методе ЗСБ

Б - схема распространения токовых линий для бокового каротажа.

Боковой каротаж (БК) – каротаж сопротивления зондами с экранными электродами и фокусировкой тока. Токовые линии распространяются горизонтально в пределах слоя толщиной, равной приблизительно длине зонда. Глубина исследования БК зависит от расстояния между экранными электродами O_1 и O_2 (и обычно не превышает первых десятков сантиметров) (рис 1. Б).

С целью более точного определения продольного сопротивления пластов, применяются зонды различной длины (0.44; 0.55; 1.05; 2.25; 4.25; 8 м). С их помощью можно оценить глубину проникновения фильтрата промывочной жидкости.

Удельное сопротивление зависит от типа и характеристики зонда, сопротивления пород, зоны проникновения бурового раствора, а также геометрических размеров сред [1, 2].

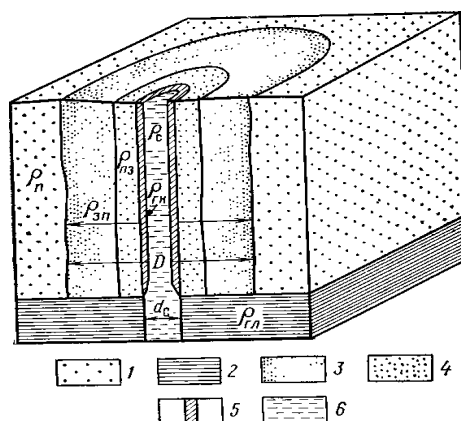


Рис. 2. Схема радиального распределения промывочной жидкости. 1 — неизменная часть пласта; 2 — глинистый пласт; 3 — зона проникновения; 4 — промытая часть зоны проникновения; 5 — глинистая корка; 6 — промывочная жидкость; ρ_{pz} , ρ_s , ρ_k , ρ_l , ρ_d , ρ_c , ρ_r , ρ_n — удельные сопротивления соответственно промытой зоны (pz), промывочной жидкости (скважины), глинистой корки и глинистого пласта [1].

Анализ геоэлектрических моделей.

В районе исследований разрез осадочного чехла типичен для юга Сибирской платформы – толща подразделяется на три комплекса: надсолевой, солевой, подсолевой. Надсолевой комплекс приурочен к интервалу от кровли верхоленской свиты до кровли литвинцевской, солевой комплекс располагается от кровли литвинцевской свиты до кровли осинского горизонта, подсолевой находится от кровли осинского горизонта до кровли фундамента [4]. Для анализа используются геоэлектрические модели ЗСБ и БК по двум скважинам №1 и №2 (рис.5 А, Б). Сопротивление разреза изменяется в интервалах от 26 до 450 Ом·м по данным ЗСБ, и от 75 до 650 Ом·м по БК.

Надсолевой комплекс осадочного чехла включает в себя, отложения юры и верхнего кембрия верхоленской свиты. Мощность отложений комплекса составляет около 150 м. Верхоленская свита представлена алевролитами, аргиллитами, мергелями.

По ЗСБ в районе скважин № 1 и №2 значение сопротивления около 75 Ом·м. Надсолевой комплекс не входит в интервал изучения БК, измерения сопротивления в скважине начинаются с 400 метров.

Солевой комплекс представлен галогенными и карбонатными породами среднего и нижнего кембрия. Мощность солевого комплекса приблизительно 1150 м. Ангарская свита сложена чередованием галогено – сульфатно - карбонатными породами. Мощность ангарской свиты составляет 350 м. Сопротивление ангарской свиты по данным ЗСБ варьирует в интервале 200 – 300 Ом·м, по БК - 419 – 650 Ом·м.

Булайская свита представлена известняками, известковыми доломитами участками окремненные, ангидритизированные, глинистые, трещиноватые. Мощность свиты составляет 126 м. Сопротивление по ЗСБ изменяется 50 – 110 Ом·м, по БК 160 – 165 Ом·м.

Бельской свита сложена однородной толщей доломитов темно-серых, массивных, мелкозернистых, иногда трещиноватых, плотных, крепких, участками ангидритизированных и окремнённых. Мощность свиты составляет 405 м. В скважине №1 бельская свита дифференцирована на два подгоризонта, их значения сопротивления: первый – по ЗСБ 405 Ом·м, по БК 295 Ом·м, второго – по ЗСБ 26 Ом·м, по БК 75 Ом·м (рис. 5 А).

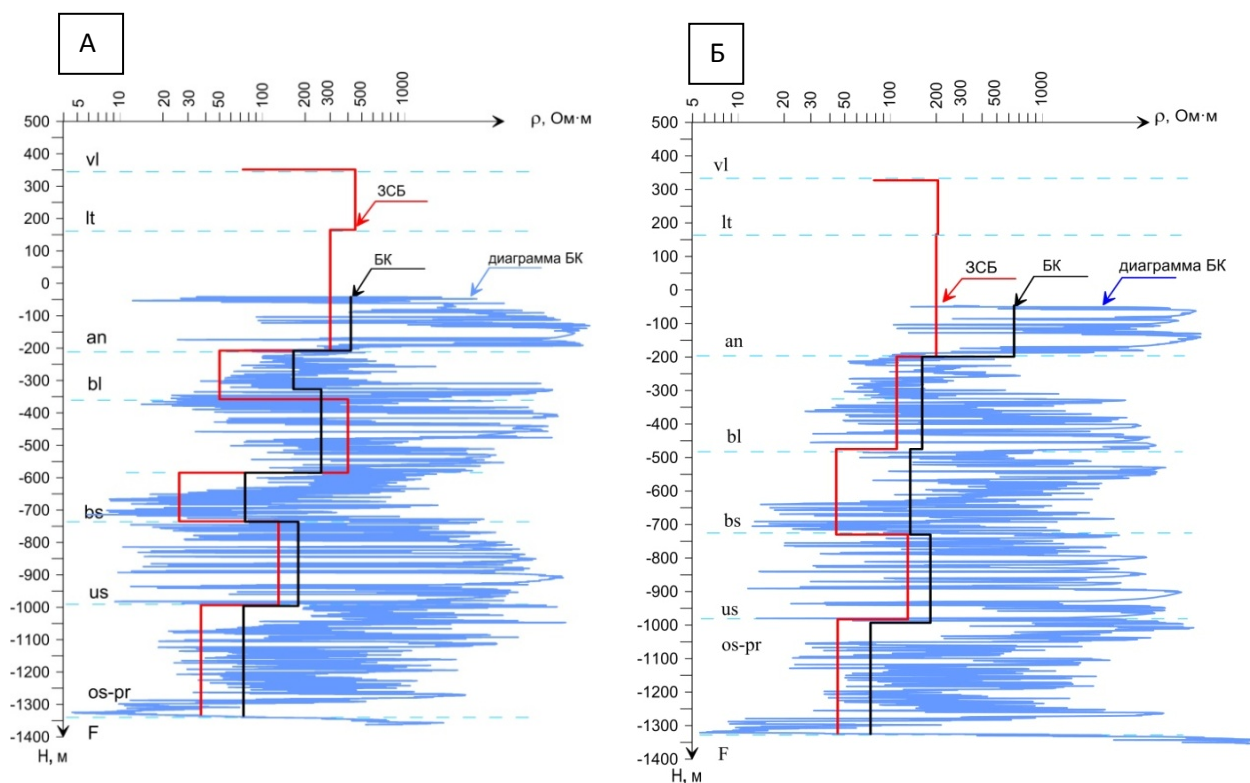


Рис. 5. Геоэлектрическая модель, построенная по данным БК и ЗСБ.

А – скважина №1; Б - скважина №2

Усольская свита сложена известняками, доломитами, мощными прослоями солей до 40 м. Толщина свиты составляет 260 м. Сопротивление по ЗСБ в районе скважин около 130 Ом·м и по БК 178 – 183 Ом·м.

Отложения *подсолевого комплекса* стратиграфически приурочены к карбонатным и терригенным отложениям венд-нижнего кембрия, от кровли осинского горизонта до кровли фундамента. Комплекс представлен доломитами, глинистыми доломитами и песчанно - глинистыми толщами. Мощность подсолевого комплекса составляет 300 – 350 м, сопротивление по данным ЗСБ пониженное и составляет от 37 до 45 Ом·м, по БК - 73 Ом·м.

В ходе анализа геоэлектрических моделей построенных по данным ЗСБ и БК, были изучены соотношения значений сопротивления горизонтов. Суммарная проводимость разреза осадочного чехла по данным БК составляет от 9 до 10 См, по модели ЗСБ от 20 до 25 См.

Соотношение (δ) между сопротивлениями одних и тех же горизонтов по двум методам изменяется от 0.3 до 1.5 ($\delta = R_{iЗСБ} / R_{iБК}$).

Горизонты относительно низкого сопротивления приурочены к отложениям булайской свиты, нижней части бельской свиты и подсолевого комплекса. Для проводящих интервалов значения сопротивления по данным ЗСБ ниже значений БК примерно в 2 – 3 раза. Слои относительно высокого сопротивления приурочены к породам ангарской и усольской свит. Соотношение значений по ЗСБ относительно БК составляет 1.5 и менее.

Выводы

Использование данных бокового каротажа позволяет определить соотношение значений сопротивления горизонтов. Соотношение сопротивлений слоев одинаковы, несмотря на то, что сопротивления отличаются почти в два раза.

На основании анализа геоэлектрических моделей, сформированных для разрезов двух скважин выявлено, что разница значений сопротивления (определенных для БК и ЗСБ) для высокоомных геоэлектрических горизонтов меньше, чем для проводящих.

С целью подтверждения полученных результатов и выявления новых закономерностей планируется увеличить количество изучаемых скважин.

Литература

1. Дахнов В. Н. - Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. Издательство. Недра 1982 г.
2. Итенберг С.С. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. Издательство. Недра 1987 г.
3. Крылов С.С. Геоэлектрика: Поля искусственных источников. Издательство. С.-Петербургского университета 2004 г.
4. Геология нефти и газа Сибирской платформы. Под ред. А.Э. Конторовича В.С. Суркова А.А. Трофимука. // М. : «Недра» .- 1981

УДК 551.2.02

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЦЕНКЕ РАЗЛОМНО-БЛОКОВЫХ СТРУКТУР УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г.ИРКУТСКА)

Лобацкая Р.М., д.г.-м.н., профессор, Стрельченко И.П., аспирант кафедры геммологии Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

Строительству и безопасной эксплуатации высотных зданий и подземных хранилищ в современном мире уделяется огромное значение. Поэтому к одной из основных задач геологии можно отнести инженерно-геологическое обоснование проектов крупных сооружений, в частности – определение устойчивости геологической среды. Для решения таких задач активно привлекают информационные технологии. В качестве одного из приоритетных на сегодня направлений рассматривается технология трехмерного моделирования геологической среды урбанизированных территорий.

1. Одним из основных факторов устойчивости геологической среды являются разломы литосферы, т.к. они сказываются на изменении свойств геологической среды под действием техногенных нагрузок в пределах областей

интенсивной урбанизации. Несмотря на это, к настоящему времени они изучены фрагментарно. Для учета связи параметров разрывных нарушений с другими факторами, влияющими на устойчивость геологической среды, привлекаются геоинформационные технологии.

2. Технологический подход выделения и картирования разломно-блоковых структур территории Иркутского амфитеатра основан на совмещении комплексов программ ArcGIS, GlobalMapper и Paradigm Geophysical. Он предполагает выполнение работ в несколько этапов: построение карт разрывных нарушений, трехмерное моделирование геологической среды с учетом азимутов и углов падения разломов, анализ полученных двух- и трехмерных моделей, создание карт разломно-блоковых структур, определение устойчивости геологической среды.

3. Наиболее трудоемкий этап – построение структурно-тектонической модели. Он включает в себя преобразования ЦМР, пикирование разломов, создание на основе пикировок Т-поверхностей и их согласование между собой.

4. Физический смысл согласования Т-поверхностей состоит в удалении каких-либо пересечений двух разломов. Авторы в ходе исследования выявляют несколько случаев пересечений, в результате чего используют несколько приемов согласования поверхностей разрывных нарушений. Успешное выполнение этих процедур позволяет построить объемную модель разломно-блоковых структур.

5. Объемная модель геологической среды является основой для выделения и ранжирования разломно-блоковых структур по принципу: ранг разломно-блоковой структуры соответствует размеру ограничивающих его разломов.

Описанная система разломов территории г. Иркутска разбивает территорию на 99 блоков разной размерности. Наиболее важное значение для оценки устойчивости геологической среды города имеют мегаблоки, площадь которых $>60\text{км}^2$ (Таблица 1).

Генетическое качество геологической среды находится в обратной зависимости от уровня раздробленности. Но такие выводы возможно сделать лишь при анализе микроблоков. Это подтверждает необходимость рассматривать блоковую структуру не столько в плане, сколько прежде всего в объеме, где разломы выполняют роль границ между участками геологической среды с разным уровнем устойчивости, определяющейся совокупностью факторов, а не только характером раздробленности, как это было принято считать ранее.

Список используемой литературы

1. Арчegov, В.Б. 2012. Блоковая делимость земной коры и нефтегазоносность: теория и методика исследований// Нефтегазовая геология. Теория и практика. №2.

2. Баранов, Ю.Д., Бусыгин, Б.С., Никулин, С.Л. 2004. Трехмерное моделирование пластовых месторождений для оптимизации объемов буровых работ//Горный информационно-аналитический бюллетень. №3. с.197-201
3. Билибин, С.И., Дьяконова, Т.Ф., Исакова, Т.Г., и др. 2007.Трехмерная геологическая модель – необходимый и обязательный этап изучения нефтегазового месторождения // Недропользование – XXI век. №4. с.38-42
4. Захарова, А.А., Ямпольский, В.З. 2009. Оптимизация технологии моделирования нефтегазовых месторождений на основе цифровых трехмерных геологических и гидродинамических моделей// Проблемы информатики. №1. с.48-52
5. Кофф, Г.Л., Лобацкая, Р.М. 1991. Изучение разломов при инженерно-геологических исследованиях в сейсмоактивных областях. Варшава: PBG. 224 с.
6. Краснораменская Т.Г., 2008. ГИС в решении задач корреляции разломно-блоковых структур и сейсмичности Алтае-саянской складчатой области: дис.: канд.геоло.-мин.наук//Краснораменская Татьяна Геннадьевна. – Иркутск: ЭЦ РОПР СО РАН. 151с.
7. Лобацкая Р.М., 1987. Структурная зональность разломов. М: Наука,. 128С.
8. Лобацкая, Р.М. Кофф, Г.Л. 1997. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. М.:РЭФИА. 196 с.
9. Лобацкая, Р.М. 2001. Модели поведения геологической среды урбанизированных территорий./ Материалы Международного симпозиума «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий», Екатеринбург, Россия 30.07 -02.08 2001. – Екатеринбург: Изд-во «Аква-Пресс», 286-291
- 10.Лобацкая, Р.М., Котлобаева, Т.А. 2001. Анализ разломно-блоковой тектоники города для оценки устойчивости геологической среды./ Материалы Международного симпозиума «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий», Екатеринбург, Россия 30.07 -02.08 2001. – Екатеринбург: Изд-во «Аква-Пресс». 275 -286
- 11.Лобацкая, Р.М. 2008. Модели поведения геологической среды в условиях природно-техногенных нагрузок/ Современные информационные технологии для научных исследований/ Материалы Всероссийской конференции. Магадан 20-24 апреля 2008. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С, 205-208.
- 12.Макаров, В.П. 2007. Эволюционная природа блочной организации геоматериалов и геосред. Универсальный критерий фрактальной делимости // Геология и геофизика. Т. 48, специальный выпуск. С. 724-746.
- 13.Стрельченко, И.П. 2013. Построение структурно-тектонической основы для решения интерпретационных задач МОГТ в сейсмогеологических условиях юга Сибирской платформы//Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Геонауки –

2013». Актуальные проблемы изучения недр. Выпуск 13. Сборник. Иркутск: изд-во НИ ИрГТУ. С.266-270

14.Труфанова Н.В., Казанцева Е.Е. 2005.Построение и оптимизация глубинно-скоростной модели в сейсмогеологических условиях юга Сибирской платформы//Технологии сейсморазведки. №2. с. 37-41

15.Труфанова Н.В., Наумова Ю.А., Гинзбург И.В., Заравняев В.А. 2008. Оптимизация глубинно-скоростной модели и повышение точности миграционных преобразований на основе данных ВСП и ГИС//Технологии сейсморазведки. №3. с.29-34

16.Черемисина, Е.Н., Никитин, А.А. 2006. Геоинформационные системы в природопользовании // Геоинформатика. – № 3. – С. 5-20.

17.Шерман,С.И. 1977. Физические закономерности развития разломов земной коры. Новосибирск: Наука. 102 с.

18.Koff, G.L., Lobatskaya, R.M., Serova, G.U. 1996. Geological environment stability in earthquake prone urban areas/ Natural hazards, land-use planning and environment.6-th Spanish congress and International conference on environmental geology and land-use planning. Spain, Granada: Obra Completa. P. 503-312

19.Lobatskaya, R.M., 1997. Kinetic method of approach to assessment of geological environment stability under anthropogenesis loads Engineering geology and the environment/proceedings International symposium on engineering geology and the environment, organized by the Greek national group of IAEG/Athens/Greece/ 23-27 June 1997. A.A. Balkema/ Rotterdam/Brookfield.

20.Lobatskaya, R.M., Koff, G.L. 1998. Evaluation of geological environment stability in seismic urban areas/Proceedings of the eleventh European conference on earthquake engineering, 6-11 September 1998/Paris/France. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield/ Abstract volume p.479, CD-ROOM article

21.Lobatskaya, R.M., Krasnoramenskaya, T.G., 2010. GIS tools for correlation of tectonics and seismisity in the Altay-Sayan area, Russia. Geoscience Frontiers. – October 2010

Таблица 1. Оценка раздробленности геологической среды г.Иркутска

Мегаблоки	Площадь, км ²	Разломы, их ранги (г) и соотношение с блоками										Плотность разрывов на единицу площади**	Качество геологической среды, у.е./км ² ***	
		I		II		III		IV		V				Суммарное значение рангов разломов (L)*
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б			
Левобережный	96	-	20	-	5	-	1	1	-	1	-	75	0.8	52-148
Новоленинский	108	-	4	-	3	-	-	1	1	1	-	37	0.3	80-100
Правобережный	94	-	8	-	4	-	1	1	2	1	-	63	0.7	58-101
Топкинский	77	-	7	-	1	-	-	1	1	1	-	35	0.5	99-110

а – разломы, ограничивающие мегаблоки; б – разломы, пересекающие мегаблоки

* Суммарное значение рангов разломов находится по формуле $L = \sum a(r \cdot n) + \sum б(2 \cdot r \cdot n)$, где n – количество разломов

** Плотность разрывов (ρ) – количество разрывов на площадь, находится по формуле $\rho = L/S$, где S – площадь мегаблока

*** Лобацкая, Р.М., Котлобаева, Т.А. 2001. Анализ разломно-блоковой тектоники города для оценки устойчивости геологической среды./ Материалы Международного симпозиума «Инженерно-геологические проблемы урбанизированных территорий»

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ СКОРОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВОД ПРИ ИХ ИНТЕНСИВНЫХ ПОТОКАХ МЕТОДОМ РЕЗИСТИВИМЕТРИИ И ОБЛАСТЬ ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ

Васильев И. О, аспирант, Тирский О. Н., к.г.-м.н., профессор, Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

При исследовании гидрогеологических скважин на руднике «Апрелково» золоторудного месторождения «Погромное» в одной из скважин были выявлены водоносные пласты с очень интенсивным движением воды. В этих условиях стандартная методика проведения исследований методом резистивиметрии с целью определения естественной скорости фильтрации оказалась неэффективной.

Определение естественной скорости фильтрации пластовых вод является одной из важных задач исследования гидрогеологических скважин. Из геофизических методов для решения этой задачи наиболее часто используется метод резистивиметрия [1], который выполняется по определенной методике. Суть этой методики заключается в том, что сначала производят измерения сопротивления воды в скважине (рис.1, кривая 1). Затем производят её засолку. После чего, путем выполнения серии измерений удельного электрического сопротивления в скважине ведут наблюдения за изменением сопротивления воды в скважине (рис. 1, кривые 2 – 4). Величина изменения сопротивления воды в скважине связана со скоростью поступления вод из пласта в скважину (рис. 1, интервал глубин 102 – 108 м). Используя известную формулу, можно рассчитать скорость фильтрации подземных вод в этом интервале.

Но, в скважине 16-Г, расположенной в юго-восточной части карьера, нижний интервал её засолить не удалось (рис. 2).

На рисунке 2 кривая 1 записана до засолки. Кривые 2, 3, 4 и 5 записаны после засолки скважины. Время между записями составляет 1 – 2 часа. Вторая кривая, то есть кривая, записанная сразу после засолки скважины в интервале 185 – 198 м полностью совпадает с кривой, записанной до засолки. Следовательно, за 1,5 часа, прошедшие после засолки, вся засоленная вода полностью была вынесена из скважины. Дальнейшие исследования показали, что в разрезе скважины выделяется несколько водоносных пластов со скоростью фильтрации подземных вод не более 1 м/сут. Ниже в интервале 186 – 198 м наблюдается еще несколько водонасыщенных пластов с интенсивной скоростью фильтрации. Стандартная методика исследования методом резистивиметрии по определению естественной скорости фильтрации пластовых вод в данном случае оказалась неэффективной.

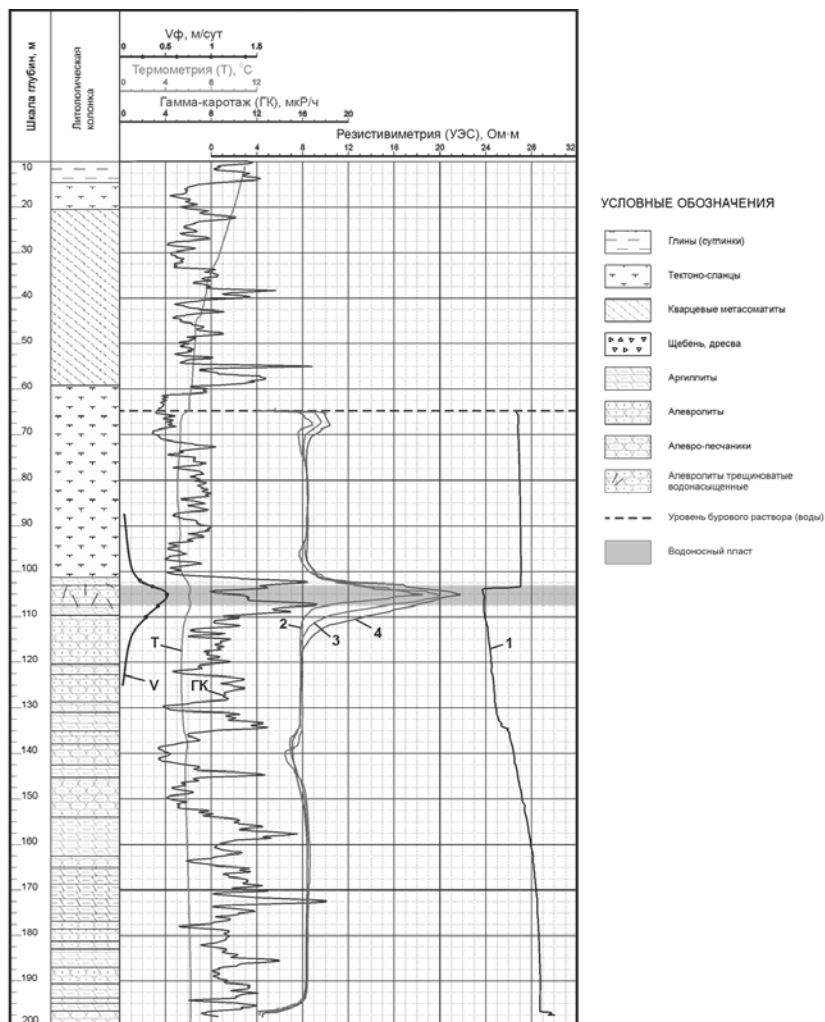


Рис. 1. Результаты геофизических исследований. Скважина №15-Г: ГК – кривая гамма-каротажа; Т – кривая термометрии; V – кривая скорости фильтрации; 1-4 – кривые резистивиметрии: 1 – до засолки, 2-4 – после засолки.

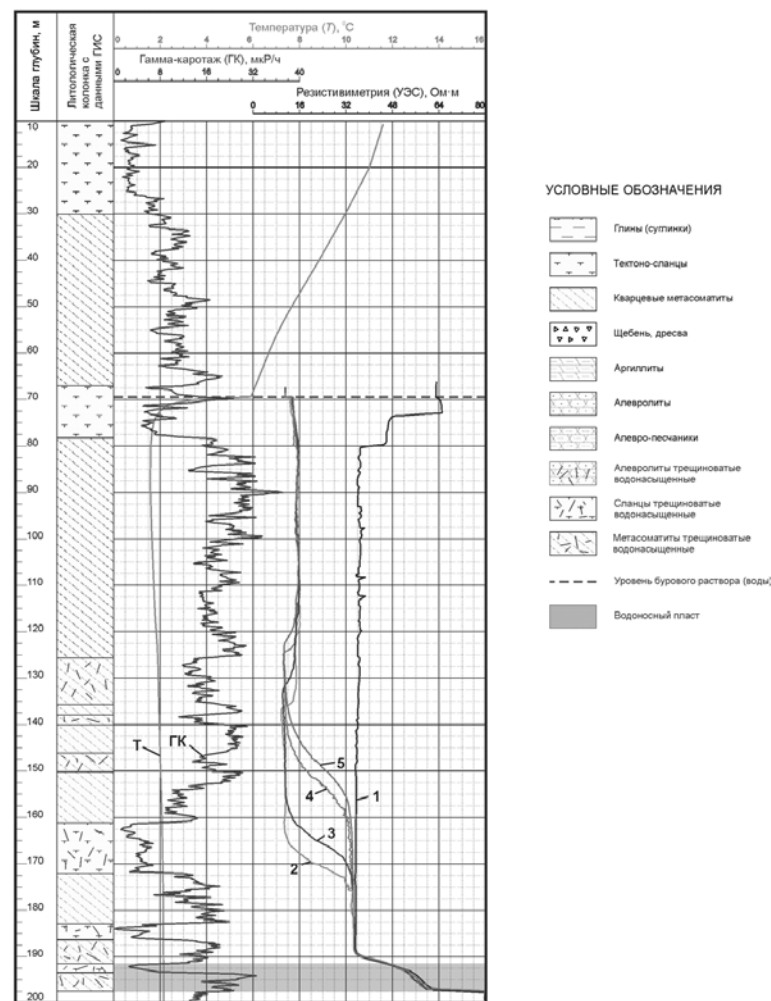


Рис. 2. Результаты геофизических исследований. Скважина 16-Г: ГК – кривая гамма-каротажа; Т – кривая термометрии; 1-4 – кривые резистивиметрии (УЭС): 1 – до засолки; 2-5 – после засолки.

В этом случае была применена нестандартная методика работ методом резистивиметрии [2]. Сущность этой методики заключалась в следующем. Устройство для засолки скважины, а в этом случае использовали мешок с солью, который расположили выше резистивиметра, прикрепив его к геофизическому кабелю. При спуске, поскольку соль располагалась выше скважинного прибора, производили измерение сопротивления незасоленной воды (рис. 3, кривая 1).

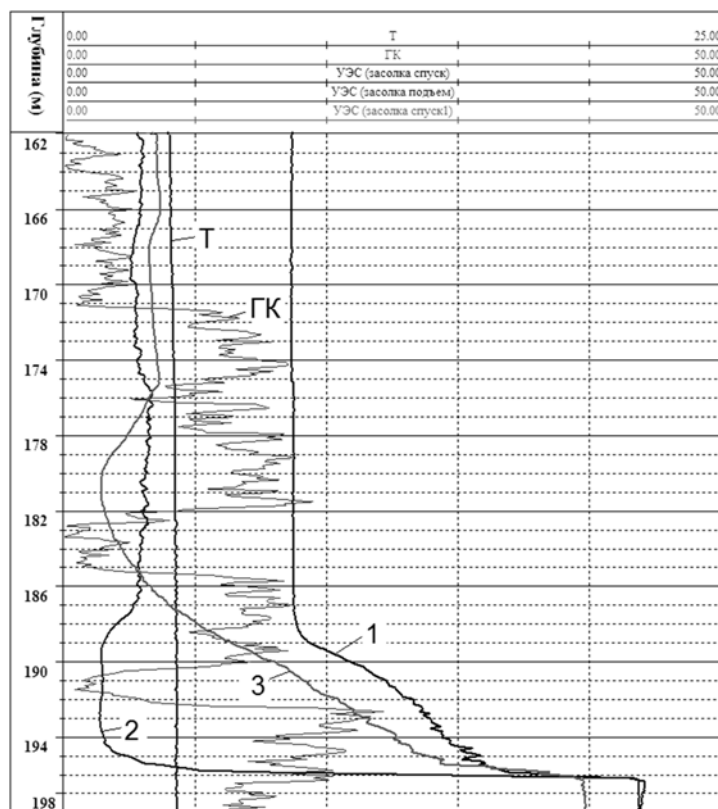


Рис. 3. Результаты резистивиметрии по скважине 16-Г: 1-3 кривые удельного электрического сопротивления: 1 – при спуске; 2 – при подъёме во время засолки; 3 – при спуске после засолки; ГК – кривая гамма-каротажа; Т – кривая термометрии.

То есть производилось измерение незасоленной воды и одновременно выполняли засолку скважины. Сразу после спуска произвели подъём. При подъёме одновременно производили засолку скважины и измерение сопротивления соленой воды (рис. 2, кривая 2). Подъём осуществляли до глубины несколько выше интервала, где наблюдалось интенсивное движение воды (в данном случае до глубины 150 м). После подъёма снова произвели спуск и замер сопротивления вода уже через 15 минут (рис. 2, кривая 3). Эта кривая показывает на сколько изменилось сопротивление воды за этот промежуток времени. Что, в принципе, даёт возможность, используя вышеуказанную формулу, рассчитать скорость фильтрации пластовых вод.

Полученные результаты позволили произвести расчёты и определить скорость фильтрации воды по пласту на глубине 192 – 198 м, которая равняется 40 м/сут.

В литературе описание подобных случаев нами не обнаружено. Поэтому мы решили произвести расчёты и определить скорость фильтрации пластовых вод, при которой существующая методика оказывается неэффективной и требуется применение предлагаемой методики. Тем самым, определить область применения нестандартной методики.

Последовательность операций при исследовании скважин по существующей методике можно представить в виде графика, изображенного на рисунке 4.

На рисунке 4 изображена схема описанной выше методики работ. Сплошными линиями показано перемещение прибора при регистрации удельного электрического сопротивления скважины, t_0 – время начала подъема засаливающего устройства, t_1 – время окончания подъема устройства, Δt_1 – время, потраченное на подъем засаливающего устройства, t_1 и t_2 – время начала и конца замены засаливающего устройства на резистивиметр, Δt_2 – время, потраченное на замену приборов, t_2 и t_3 – время начала и конца регистрации удельного электрического сопротивления воды после засолки, Δt_3 – время, потраченное на запись диаграммы сопротивления.

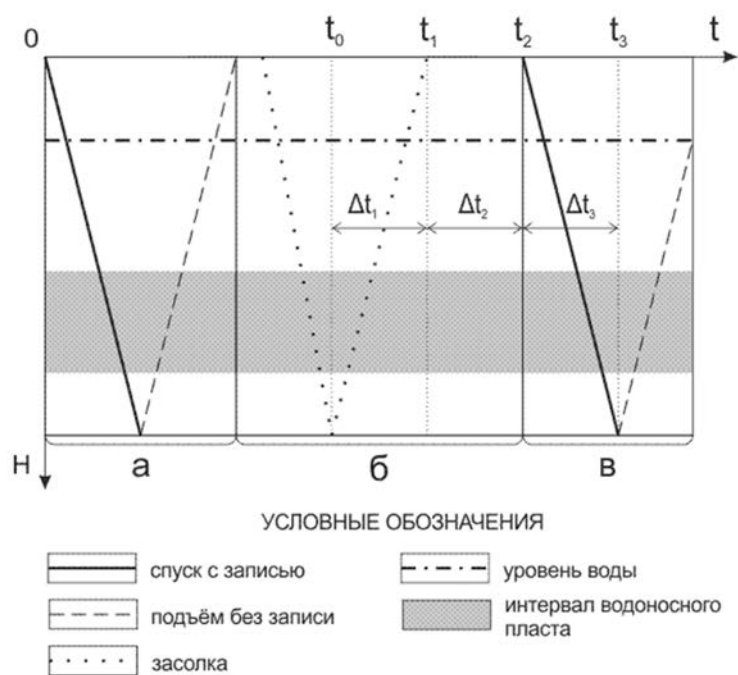


Рис. 4. Схема стандартной методики резистивиметрии: а, б, в – интервалы времени: а – до засолки скважины; б – засолка скважины; в – первое измерение сопротивления после засолки скважины.

Таким образом, в случае, если исследуемый пласт располагается немного выше забоя, то с момента засолки интервала скважины и до момента измерения сопротивления прошло время $T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$. Скорость спуска и подъема прибора и засаливающего устройства при выполнении засолки скважины, а также при записи кривых удельного электрического сопротивления не должна, как правило, превышать 300 м/час. Если предположить, что имеется скважина глубиной 100 метров, то в такой скважине на подъем засаливающего устройства потребуется 20 мин ($\Delta t_1 = 20$). На замену засаливающего

устройства на резистивиметр с учетом извлечения устройства из скважины и спуска в скважину резистивиметра уходит не менее 20 мин ($\Delta t_2 = 20$). На спуск резистивиметра при записи до забоя потребуется еще 20 мин ($\Delta t_3 = 20$). Итого, с момента засолки интервала скважины и до момента измерения сопротивления прошло 60 мин ($T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 20 + 20 + 20 = 60$). Диаметр гидрогеологических скважин редко бывает больше 125 мм. Если скорость фильтрации пластовой воды больше, чем 125 мм/час (более 3 м/сут), то за эти 60 минут вся засоленная вода будет вынесена из скважины. Следовательно, в такой ситуации

замерить сопротивление её, используя существующую методику, не представляется возможным. Для определения скорости фильтрации пластовых вод в таких случаях возможно применение нестандартной, предлагаемой нами методики. Как показывает практика, скорость фильтрации пластовых вод более 3 м/сут встречается не так уж редко.

При исследовании скважин меньшей глубины, например, глубиной 50 м, или, если водоносные пласты залегают на глубине 50 м, то, естественно, интервал времени, с момента засолки скважины и до момента измерения сопротивления, сокращается вдвое. Следовательно, существующая методика определения скорости фильтрации пластовых вод может оказаться неэффективной в случае, когда скорости фильтрации вод будет более 6 м/сут. А это уже довольно большая скорость.

При исследовании скважин большей глубины, например, глубиной 200 м, и, если водоносные пласты залегают на глубине 200 м, то, соответственно, интервал времени, с момента засолки скважины и до момента измерения сопротивления, увеличивается вдвое. Следовательно, существующая методика определения скорости фильтрации пластовых вод является неэффективной даже при скорости её фильтрации свыше 1,5 м/сут.

Как уже упоминалось выше, скорость фильтрации пластовых вод в 2 – 3 и более метров в сутки встречается довольно часто.

Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что предлагаемая нестандартная методика найдёт применение:

- а) при исследовании не глубоких скважинах (50 – 100 м), в которых встречаются водоносные пласты со скоростью фильтрации вод более 6 м/сут;
- б) при исследовании глубоких скважин (200 м и более), в которых встречаются водоносные пласты со скоростью фильтрации вод более 1,5 м/сут.

Поскольку в разрезе скважины могут встречаться пласты, как с низкой скоростью фильтрации, так и высокой, то предлагаемая методика может успешно применяться совместно с существующей, как это было сделано нами на скважине 16-Г (рис. 2).

Литература:

1. Гаркаленко И. А., Зайченко В. Ю. Методика геофизических исследований скважин. – «Наукова думка», Киев, 1971, 254 с.
2. Васильев И. О. Методика исследования скважин методом резистивиметрии для определения скорости фильтрации пластовых вод при их интенсивных потоках. – НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС. 2013. Вып. 5 (227). с. 50-59.