

**СЕКЦИЯ «ФИЗИКА»**  
**ПОДСЕКЦИЯ «ГЕОФИЗИКА»**

**Прогнозирование акустических полей в верхних слоях атмосферы,  
индуцированных сейсмической активностью**

**Жостков Р.А.**

*студент*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический  
факультет, Москва, Россия  
E-mail: [shageraxcom@yandex.ru](mailto:shageraxcom@yandex.ru)*

Перед крупными землетрясениями и сейсмическими событиями в районе формирования будущего очага обычно наблюдается существенное возрастание геофизической активности различного типа (гравитационные, сейсмические, изменение уровня грунтовых вод и т.д.), интерпретируемых как предвестники готовящегося сейсмического события. Возникающие в районе будущего очага изменения структуры земной коры приводят к движениям и колебаниям земной поверхности и, как следствие, генерации акустических возмущений, распространяющихся не только в земной коре, но и излучаемых в выше лежащие слои атмосферы. Такие акустические возмущения вызывают изменение состояния ионизированной плазмы верхних слоев атмосферы и, следовательно, возникновение электромагнитного излучения. Исследования акустического излучения в атмосферу и индуцированного им электромагнитного излучения могут предоставить новые возможности предсказания крупных сейсмических событий, а также дать более полную картину взаимодействия различных геосфер между собой и выявить атмосферные явления, вызванные акустическим воздействием со стороны земной коры.

На распространение акустических волн в реальной атмосфере оказывает влияние большое число факторов, среди которых в первую очередь отметим стратификацию, а также локальные неоднородности и вязкость. На больших высотах происходит экспоненциальный рост амплитуды волны за счет убывания плотности среды, поэтому принципиален учет нелинейных эффектов. В одномерной постановке эта задача была исследована в работах [1,2]. Однако влияние диссипативных процессов было исследовано только в модельной постановке, локальные неоднородности и изменение скорости звука не учитывались вовсе. Поэтому данная работа направлена на более детальное исследование формирующихся на больших высотах акустических полей с учетом всех существенных факторов. В первую очередь оно базируется на выводе упрощенных нелинейных уравнений и построении их аналитических решений, которые позволяют исследовать динамику формирования акустических полей в верхних слоях атмосферы и особенности их воздействия на заряженные частицы и, следовательно, электромагнитные поля для произвольных значений параметров задачи.

Важной и, по существу, самостоятельной частью работы является вывод нелинейного уравнения для дифрагирующих волн, позволяющего учесть эффекты, связанные с ограниченностью волновых пучков в поперечном направлении, а также рефракцию волн под влиянием неоднородностей среды, и построение его аналитических решений.

**Литература**

1. Голицын Г.С., Романова Н.Н. Вертикальное распространение звуковых волн в атмосфере с переменной по высоте вязкостью // Изв. АН СССР. 1968. Т.4. №2.
2. Романова Н.Н. О вертикальном распространении коротких акустических волн в атмосфере // Изв. АН СССР. 1970. Т.6. №2.

**Задача стохастического прогноза геофизических данных: гипотеза стационарности****Исаева А.В.<sup>1</sup>***Аспирантка**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,**физический факультет, Москва, Россия**E-mail: avisaeva@mail.ru*

При рассмотрении данных нефтеразведки и интерпретации геофизических данных в условиях, когда получение дополнительной информации об исследуемом объекте затруднено или требует больших финансовых затрат, прибегают к методам стохастического прогноза. Одним из самых распространенных методов стохастического прогноза является метод кригинга, разработанный в геостатистике. Показано, что данный метод может быть усовершенствован, для чего вводится гипотеза локальной стационарности пространственной переменной. Она позволяет снять ряд ограничений, налагаемых на пространственную переменную в рамках гипотезы слабой стационарности, на которой базируется методика классического кригинга.

Предложенная методика реализована на примере прогноза значений пористости пород, слагающих нефтеносное месторождение, по данным нефтеразведки и показано, что прогноз оказывается более достоверным, чем тот, что получен по стандартной методике кригинга.

Гипотеза локальной стационарности требует выделения областей стационарности (пропластков – в случае нефтеразведки), положение которых априори неизвестно. Предложен способ выделения пропластков, основанный на морфологических методах анализа форм сигналов. Произведено сравнение результатов прогнозов пористости для различных способов выделения пропластков. Показано, что наилучший результат прогноза значений пористости по методу кригинга получается при использовании морфологического метода выделения пропластков.

**Литература**

1. Ж. Матерон Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1968.
2. Е.Л. Меерсон, В.В. Бродягин Математические методы моделирования в нефтяной геологии: учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 72 с.
3. IRAP RSM Maintenance Release 9.0.1, RSM User Guide, 2007.
4. А. Леворсен. Геология нефти и газа. – М.: Мир, 1970.
5. Ю.П. Пытьев, А.И. Чуличков Морфологические методы анализа изображений. – В печати.

**Оценка параметров распределений координат пользователя, определенных с помощью систем GNSS*****Коптев Михаил Андреевич****студент**Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Физический**факультет, Москва, Россия**e-mail: [mikhail.koptev@gmail.com](mailto:mikhail.koptev@gmail.com)*

В настоящее время развитие радиотехнических – связных, навигационных и проч. – средств достигло такого уровня, когда на точность и качество решения поставленных перед ними задач оказывает влияние не только собственно сам процесс проведения измерений, но и те среды, в которых функционируют приборы.

---

<sup>1</sup> Автор выражает признательность доценту, к.ф.-м.н. Сердобольской М.Л. за помощь в подготовке тезисов.

В этой связи показательно влияние сред распространения сигнала – ионосферы и атмосферы – на функционирование современных глобальных навигационных систем ГНСС (GNSS) – GPS, GLONASS и GALILEO. Создание таких систем с источниками излучения навигационных сигналов квантовых стабильностей привело к необходимости учета шумов при проведении измерений. В настоящее время плохо прогнозируемыми являются задержки и шумы, связанные с атмосферными и ионосферными процессами.

В нашей работе проведена оценка параметров распределений координат пользователя, определяемых с помощью GNSS, и дана физическая и геофизическая интерпретации получаемых распределений. В ходе работы были проведены исследования по определению координат датчика в период 2005–07 г.г.. Работы проводились в трех режимах использования сигналов глобальных навигационных систем (GNSS): в первом для местоопределения использовались только сигналы Российской навигационной системы GLONASS, во втором – только сигналы системы GPS, а в третьем случае был реализован смешанный режим позиционирования – совместное использование сигналов обеих навигационных систем. Для обработки и анализа данных, полученных в ходе эксперимента, было создано специализированное программное обеспечение.

В случае использования для местоопределения только сигналов Российской навигационной системы GLONASS отклонения координат от своих средних значений велики (~10м), в этом случае влияние методов обработки сигнала незначительно и функции распределения указанных отклонений близки к гауссовым.

Для прецизионных измерений (~1м) местоположения закон распределений ошибок имеет негауссов характер. Так, в случае использования режимов работы GPS и GPS/GLONASS распределения уклонений координат от своих средних значений имеют ряд особенностей: отклонения от нормального закона распределения, наличие многомодовости и т.д. В работе анализируется связь данных особенностей с алгоритмами обработки сигналов, с корреляцией «внешних» шумов (например ионосферных) и с зависимостью шумовой составляющей от местного времени и гелио-геофизических условий. Так в нашей работе отмечается влияние ионосферной ионизации не только на определение координат пользователя, но и на закон распределения ошибок местоопределения. Нами установлено наличие влияния индекса геомагнитной возмущенности Dst на вид распределений: при больших  $|Dst| > 40 \text{ нТ}$  распределения чаще отклоняются от нормального. Аналогичный анализ для индекса Kp не выявил существенных особенностей, что может быть связано с недостаточностью статистики.

## Особенности намагничивания природных ферромагнетиков<sup>1</sup>

Минина Ю.А.<sup>2</sup>

Младший научный сотрудник физического факультета

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: [julia.minina@gmail.com](mailto:julia.minina@gmail.com)

Геомагнитные исследования занимают одно из ведущих мест в геофизике, поскольку геомагнитное поле (ГМП) играет огромную роль в жизни нашей планеты и, возможно, даже в возникновении и поддержании жизни. ГМП намагничивает ферромагнитные минералы горных пород земной коры и по направлению естественной остаточной намагниченности (NRM) древних горных пород можно определять эволюцию ГМП, изменения его напряженности и направления его силовых линий. Такого рода исследования называются палеомагнитными. Было установлено, что NRM может быть направлено по и против современного ГМП [1,2]. Возникла альтернативная ситуация: обратная намагниченность NRM у горной породы может возникнуть либо за счет смены полярности ГМП, либо за счет явления самообращения намагниченности. Однозначного ответа на вопросы о механизме обратного намагничивания TRM нет. Решению этой проблемы посвящено много работ, в том числе и сотрудников геомагнитной лаборатории кафедры физики Земли физического факультета МГУ [3-7]

Были проведены эксперименты по изучению полевой зависимости ТМ и TRM на образцах 16/30, 16/33, 59-1(4), 62-1(6) и 29-1(2) в слабых полях – 0,05 мТл, 0,075 мТл, 0,1 мТл, 0,15 мТл и 0,2 мТл. Все образцы прогревались до 350С, а охлаждались в соответствующем поле. У образца 29/1(2), у которого ранее наблюдалось явление самообращения, закон линейности не выполняется, кроме того, термонамагниченность в интервале полей 0,125-0,165 мТл антипараллельна полю (рис 1).

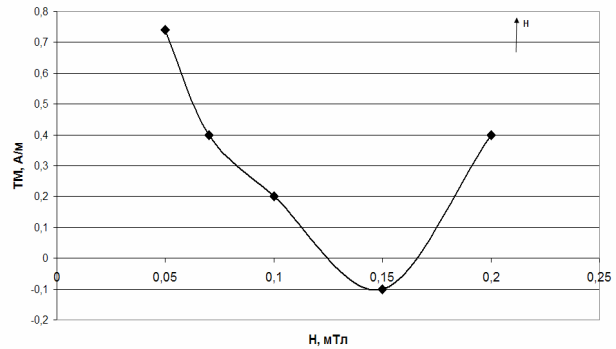


Рис 1. Полевая зависимость ТМ образца 29/1(2)

Было проведено исследование поведения парциальных термонамагниченностей образца 29/1(2), образованных в узких интервалах через 10°С от 300°С до 350°С в области низких температур. После охлаждения образца до комнатной температуры, он охлаждался в жидком азоте до  $T = -181$ °С при  $H = 0$ . На рис 2 представлены кривые нагрева PTRM от низких температур. Несмотря на отсутствие поля при нагреве наблюдается рост величины PTRM. Эффект роста вероятно связан со следующим механизмом взаимодействия спонтанных намагниченностей. Как известно,  $I_S = I_{BS} - I_{AS}$ , при этом, как видно из рис 3, в начале  $I_{AS} > I_{BS}$  по модулю. Этим объясняется отрицательное значение PTRM при низких температурах, затем  $I_{AS}$  при увеличении температуры начинает уменьшаться и происходит рост намагниченности  $I_S$ . При какой-то температуре  $I_{AS}$  становится равной  $I_{BS}$ , и наблюдается переход через ноль (точка компенсации). После этого перехода  $I_S$  продолжает расти, а  $I_{AS}$  имеет незначительное влияние, и намагниченность PTRM

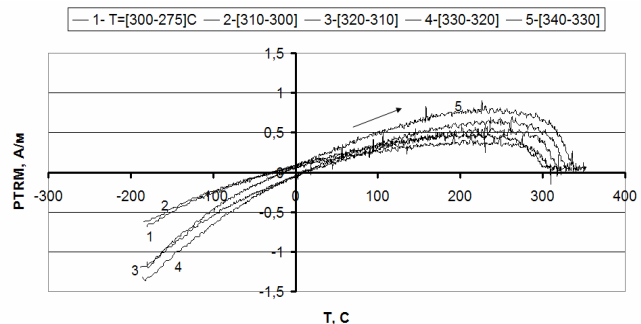


Рис 2. Изменение PTRM ( $H=0,1$ мТл), созданных в разных температурных интервалах, при нагреве образца 29/1(2) в отсутствие поля

продолжает увеличиваться. Затем при высокой температуре, близкой к точке Кюри, происходит уменьшение  $I_{BS}$  за счет хаотизации магнитных моментов атомов, и намагниченность стремится к нулю.

На образцах 29/1(2) и 16/30 также проводились эксперименты по изучению влияния размагничивания переменным полем полной TRM и PTRM. Вначале образцы размагничивались, затем создавалась TRM при нагреве до  $350^{\circ}\text{C}$  и охлаждении в поле  $0,1\text{ мТл}$ , а PTRM создавалось в интервале  $T=[325-300]^{\circ}\text{C}$  в поле  $0,1\text{ мТл}$ . После образования TRM и PTRM происходило размагничивание образцов в кольцах Гельмгольца. Диапазон переменных полей –  $[2 - 100]\text{ мТл}$  (рис 3).

На образце 29/1(2) было замечено интересное явление (рис 4) - рост намагниченности происходил после размагничивания переменным полем  $100\text{ мТл}$  при последующем нагреве без поля. Это может быть связано с ростом спонтанной намагниченности, за счет спада одной из компонент  $I_S$ .

В работе получены результаты, среди которых ряд новых, требующих дополнительного изучения и теоретического осмысления. Все особенности поведения ТМ и TRM получены при действии повышенных и пониженных температур и магнитных полей. Это говорит о том, по нашему мнению, что все особенности связаны с изменениями в структуре спонтанных намагниченностей магнитных подрешеток. По нашему мнению, такие особенности могут возникать и в природных условиях, и возможно, что горных пород, обладающих эффектом самообращения, существует намного больше, чем нам известно в настоящее время.

Работы над этой проблемой будут проводиться и дальше.

### Литература

1. Brunhes B (1906) // J. Phys. (Paris) **5**, P. 705
2. Паркинсон У.(1986) «Введение в геомагнетизм» М.,
3. Трухин В.И., Шрейдер А.А., Багин В.И. и др.(2001).// Физика Земли.. **6**, С.86
4. Трухин В.И., Максимочкин В.И. и др. (2007) // Вест МГУ, Физ, Астрон.. **1**, С68
5. Трухин В.И., Жилыева В.А., Курочкина Е.С(2004).// Физика Земли. **6**, С. 42.
6. Трухин В.И., Жилыева В.А., Саврасов Д.И. и др.(1984)// Физика Земли. **11**, С. 78
7. Трухин В.И., Безаева Н.С.(2006)// УФН, **176** , С. 507.

Тезисы доклады основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта РФФИ (грант №08-05-00623а)

<sup>2</sup>Автор выражает благодарность научному руководителю Владимиру Ильичу Трухину и Валерию Ивановичу Максимочкину за помощь в подготовке тезисов

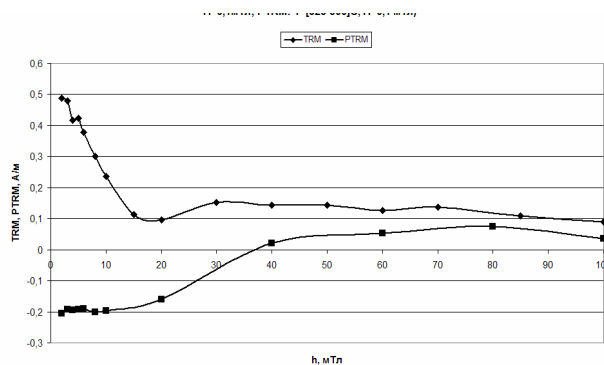


Рис 3. Размагничивание TRM и PTRM образца 29/1(2) переменным полем (TRM:  $T_{\max} = 350^{\circ}\text{C}$ ,  $H=0,1\text{ мТл}$ ; PTRM:  $T=[325-$

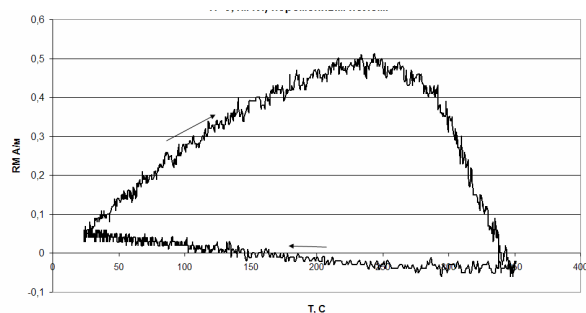


Рис 4. Изменение остаточной намагниченности при нагреве и охлаждении образца 29/1(2) в отсутствие поля после размагничивания PTRM ( $T=[325-300]^{\circ}\text{C}$ ,  $H=0,1\text{ мТл}$ ) переменным полем

**Динамика электрогидроимпульсного разрушения руд полезных ископаемых  
содержащих ценные компоненты**

**Мылтыкбаева А.Б.**

*Студент физического факультета*

*Карагандинский Государственный университет имени Е.А.Букетова, Караганда,  
Казахстан*

*E-mail: aliya.0707@mail.ru*

К благородным металлам относятся золото, серебро, платина и металлы платиновой группы (иридий, осмий, палладий, родий, рутений). Благодаря своим химическим и физическим свойствам они широко применяются в различных областях промышленности. Редко встречаясь в природе, благородные металлы обладают высокой стоимостью на международном рынке. Поэтому в настоящее время добыча благородных металлов является одним из важных направлений народного хозяйства нашей страны.

Известные способы обработки руд и концентратов благородных металлов и действующие промышленные установки требуют больших затрат энергии, не обеспечивают полную выработку чистого продукта, не являются эффективными в плане экологии и экономии трудоемкости. Предлагаемый нами способ измельчения руды основан на использовании энергии импульсной ударной волны, возникающей в результате искрового электрического разряда в жидкости. Данный способ дробления перспективен, экономичен, экологически чист, легко встраивается в любую технологическую цепь.

Электрогидравлический способ дробления и измельчения руды в отличие от традиционных способов не нуждается в движущихся частях, поэтому установка изготавливается из обычной конструкционной стали. При работе корпус устройства практически не изнашивается, все устройство занимает сравнительно небольшую производственную площадь. Все это позволяет эффективно совмещать процесс дробления и измельчения руды.

Электрический разряд в жидкости является основным действующим механизмом во многих отечественных и зарубежных технологиях. Из всего сложного комплекса явлений, возникающих при электрическом разряде в жидкости, используется непосредственная трансформация электрической энергии в энергию давления ударных волн. Отличительной чертой этого процесса является то, что преобразование электрической энергии в механическую энергию совершается без промежуточных звеньев, что повышает коэффициент полезного действия установки и обеспечивает надежную, долговечную работу.

Данный эффект уже нашел широкое применение в промышленности, но при дроблении руд он применялся только в научных целях в условиях лабораторий и в будущем наша задача создать определенные функциональные модели, достаточно точно отражающие реальные экономические факторы, определяющие стоимость, создаваемых процессов и оборудования; оценивать стоимость реализации и устанавливать допустимые пределы затрат и таким образом, как мы считаем, электрогидроимпульсные установки для дробления руды будут позволять получать заданную степень измельчения при определенном гранулометрическом составе продукта, и обладать высокой избирательностью дробления.

#### **Литература**

1. Усов А.Ф. Перспективы технологий электроимпульсного разрушения горных пород и руд // Изв. АН, Энергетика. 2001.- №1.-С. 54-62
2. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности.- Л.: Машиностроение, 1986.- 253 с.
3. Гулый Г.А., Малюшевский П.П. Высоковольтный электрический разряд в силовых импульсных системах. – Киев: Наука. 1977.-176 с.

**Точность описания характеристик атмосферного пограничного слоя в региональной модели по данным дистанционных наблюдений**

**Смирнова Мария Михайловна**

*аспирантка*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*физический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: [marj\\_a@mail.ru](mailto:marj_a@mail.ru)*

Проведено сравнение вертикальных профилей ветра и температуры в атмосферном пограничном слое (АПС), получаемых в прогнозах региональной модели WRF (Weather Research Forecast - Исследовательский Прогноз Погоды) и данных измерений на метеорологической мачте в Обнинске и на Останкинской башне и данных дистанционного зондирования акустическими содарами ИФА РАН и МГУ и температурным профилемерами МГУ и Гидрометцентра России.

Горизонтальное разрешение модели составляет 2 км. Сетка охватывает область примерно 250 на 250 км с центром в г. Москва. По вертикали модель имеет 41 уровень, из них 15 находится в атмосферном пограничном слое до высоты примерно 1 км. Было произведено несколько серий прогнозов, для июля 2005, января 2006 и февраля 2007 года. Каждая серия содержала примерно 30 прогнозов (1 месяц). Каждый прогноз осуществлялся на 60 часов. Были объединены прогнозы одной заблаговременности. Для нескольких эпизодов осуществлялись расчеты с использованием разных параметризаций АПС. С наблюдениями сравнивались модельные данные с узла сетки, ближайшего к точке измерений. Результаты прогнозов интерполированы на уровни наблюдений.

Сравнение температуры по наблюдениям и модели с различными конфигурациями показывает, что модель воспроизводит основные характерные особенности временного хода температуры. Абсолютная ошибка определения температуры в АПС составляет около 1-2 °С. Эта ошибка уменьшается с высотой. Прогноз на вторые сутки имеет примерно ту же точность, что и на первые. Ошибка примерно одинакова и в дневные, и в ночные часы, исключение составляет температура у поверхности земли: ее прогноз оказывается существенно лучше для дня, чем для ночи. Разность между модельной температурой и измеряемой в основном положительна зимой – модель несколько завышает температуру в АПС.

Приземный градиент температуры зимой в городе оказывается больше в модели, чем по данным измерений. Это может быть связано с отсутствием городского подгрева в модели. Использование некоторых параметризаций ведет к появлению нереально больших инверсий ночью. В то же время, модель в другом варианте достаточно реалистично описывает суточный ход приземного градиента температуры летом.

Ситуация с прогнозом скорости ветра неоднозначна, ошибка в его определении сильно меняется от эпизода к эпизоду. При этом модель достаточно хорошо воспроизводит дневные профили ветра выше 150 м, а ночные имеют существенные расхождения с данными наблюдений. Ветер до высот 300 м завышается моделью. Средняя разность между модельным и наблюдаемым ветром составляет 1-2 м/с. Такое различие особенно заметно в нижней части АПС, где большие скорости ветра редки. Но и на уровнях 200-300 м скорость ветра может завышаться моделью до 7 м/с.

В ходе работы рассчитаны статистические оценки прогноза моделью инверсий температуры, типов стратификации атмосферы, средние профили скорости ветра по данным содарного зондирования и модели, построены распределения скоростей ветра и градиентов температуры по данным моделирования и результатам наблюдений.

Работа проведена при поддержке грантов РФФИ 07-05-13610 и 08-05-00984.