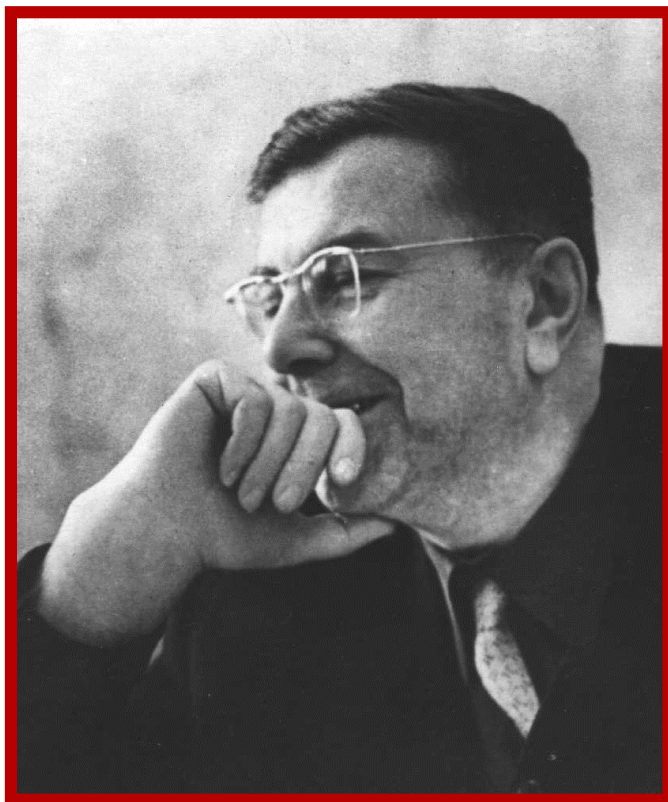


**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО НАУЧНЫХ
ОРГАНИЗАЦИЙ
УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Уральское Отделение
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ
ИМ. Ю.П. БУЛАШЕВИЧА
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



***ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, ГЕОДИНАМИКА,
ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ,
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ***

**ВОСЬМЫЕ НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ
Ю.П. БУЛАШЕВИЧА
*МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ***

**ЕКАТЕРИНБУРГ
14 – 18
СЕНТЯБРЯ
2015**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Уральское отделение
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ
Российский фонд научных исследований

**ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, ГЕОДИНАМИКА,
ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ,
ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ**

Восьмые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича
4 - 18 сентября 2015 г.

Материалы конференции

Екатеринбург
2015

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, ГЕОДИНАМИКА, ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ. Восьмые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы конференции. Екатеринбург: УрО РАН, 2015. - 410 с.

Приведены материалы докладов, сделанных на Восьмых научных чтениях памяти первого директора Института геофизики УрО РАН, члена-корреспондента РАН Ю.П. Булашевича, состоявшихся в Екатеринбурге с 14 по 18 сентября 2015 г.

Представленные материалы посвящены рассмотрению исследований, традиционных для творчества Ю.П. Булашевича: геофизические исследования глубинного строения земной коры, геодинамики, теплового поля Земли и интерпретации геофизических полей. Представлены новые научные и практические разработки в области глубинного строения и физики твердой Земли, а также новые методы исследований и гипотезы, основанные на новейших геофизических данных.

Сборник представляет интерес для широкого круга специалистов научных и производственных организаций, занимающихся геофизическими и геологическими исследованиями природных и природно-техногенных объектов.

Редакционная коллегия:

П.С. Мартышко – член-корреспондент РАН – ответственный редактор

Ю.В. Хачай - д.ф.м.н., г.н.с.

А.Л. Рублев – к.ф.м.н., с.н.с.

УДК 550.3:550.4

**ВАРИАЦИИ МАГНИТНОГО ТИППЕРА НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

С.А. Рябова, А.А. Спивак, Э.М. Горбунова

ryabovasa@mail.ru, spivak@idg.chph.ras.ru, gorbunova@idg.chph.ras.ru
ФГБУН Институт динамики геосфер РАН, 119334, г. Москва, Россия

Приведены результаты совместного анализа локальных длиннопериодных геомагнитных вариаций и уровня подземных вод безнапорного водоносного горизонта на геофизической обсерватории "Михнево" ИДГ РАН (54,960N; 37,7740E). Определены основные периодичности локальных фоновых вариаций магнитного поля Земли. В результате сравнения годовой цикличности гидрогеологического режима и геомагнитных вариаций показана значимая корреляция между сезонными вариациями магнитного типпера, и изменением уровня подземных вод в безнапорном горизонте.

**MAGNETIC TIPPER VARIATIONS AT THE EARTH'S SURFACE
DUE TO UNDERGROUND WATER LEVEL CHANGE**

S.A. Ryabova, A.A. Spivak, E.M. Gorbunova

ryabovasa@mail.ru, spivak@idg.chph.ras.ru, gorbunova@idg.chph.ras.ru
Institute of Geospheres Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The results of combined analysis of the local long period geomagnetic variations and the underground water level in water-table aquifer at the geophysical observatory "Mikhnevo" of the IDG RAS (54,960N; 37,7740E) were considered. The general periodicities of the local background variations of the Earth were determined. As a results of comparison of season variations of the hydro- geological regime and annual geomagnetic variations significant correlation between magnetic tipper and underground water level in water-table aquifer was determined.

Характерной особенностью магнитного поля Земли является наличие амплитудных вариаций, связанных с возмущающим влиянием внутренних и внешних источников. Геомагнитные вариации, регистрируемые на земной поверхности определяются действием как глобальных источников, связанными с изменением солнечной активности и, как следствие, – ионосферными и магнитосферными возмущениями, так и локальных, интенсивность которых отражает электродинамические и геомеханические свойства приповерхностных участков земной коры, таких как электропроводность, структура среды и ее напряженно-деформированное состояние [1-3]. Одним из важных факторов, определяющих механические и электромагнитные свойства среды, а также закономерности развития геодинамических процессов, является водонасыщенность грунтов.

Для исследования корреляционной зависимости между геомагнитными вариациями фона и режимом подземных вод в качестве характеристики геомагнитных вариаций корректнее всего выбрать вариации магнитного типпера, весьма чувствительного к изменениям свойств среды [2-5].

В настоящей работе рассмотрены результаты синхронной регистрации геомагнитных вариаций и уровня подземных вод безнапорного горизонта на территории Геофизической обсерватории "Михнево" ИДГ РАН (ГФО МНУ). Координаты ГФО МНУ: 54,959°N; 37,766°E. Территория обсерватории удалена от крупных промышленных объектов и характеризуется относительно ненарушенными, фоновыми параметрами геофизических полей.

Измерения вариаций геомагнитного поля выполнялись в специальном стационарно оборудованном геомагнитном павильоне с помощью трехкомпонентного феррозондового магнитометра LEMI-018, который обеспечивает соответствующее преобразование данных, получаемых с феррозондового датчика, их обработку и накопление.

Наблюдения за режимом безнапорного водоносного горизонта проводились в скважине глубиной 56 м с использованием стандартных электроуровнемеров и прецизионного датчика уровня подземных вод LMP308i, обеспечивающего автоматическую регистрацию уровня воды с дискретностью 1 с и погрешностью не хуже 0,1 мм. При анализе привлечены ряды среднесуточных значений абсолютного уровня h подземных вод. Результаты регистрации геофизических полей на ГФО МНВ размещены на сайте ИДГ РАН (idg-cormp/chph/ras/ru/~mikhnevo/data/).

На первом этапе данные инструментальных наблюдений, представленные в виде цифровых временных рядов приводились к эквидистантному виду (восстановление пропусков и исключение выбросов). Затем выполнялась их проверка на случайность с использованием автокорреляционного критерия и фазово-частотного критерия Валлиса-Мура и стационарность [6]. Возможность корректного применения статистических методов обработки к временным рядам определялась с помощью оценки, выполненной в соответствии с законом Бенфорда [7].

Периодичность геомагнитных вариаций анализировалась на основе результатов вейвлет-анализа данных, выполненного с помощью вейвлета Морле [8].

Комплексные коэффициенты магнитного типпера W_{zx} и W_{zy} отражают связь величины напряженности вертикальной компоненты магнитного поля с его горизонтальными компонентами:

$$H_z = W_{zx} H_x + W_{zy} H_y$$

где H_x , H_y и H_z – компоненты регистрируемого магнитного поля, а W_{zx} и W_{zy} – компоненты индукционной матрицы (вектора Визе-Паркинсона).

Магнитуда типпера (абсолютное значение) T задается выражением

$$T = \sqrt{|W_{zx}|^2 + |W_{zy}|^2}.$$

Величины W_{zx} и W_{zy} не зависят от фактического источника тока, а определяются, в частности, электропроводностью среды. Разработанные к настоящему времени методики позволяют по данным поверхностных измерений производить не только вычисление магнитного типпера, но также выполнять подавление помех, связанных с шумами различного происхождения, и производить корректную робастную оценку типпера с учетом только магнитотеллурических источников его вариаций [9].

В настоящей работе анализировались локальные длиннопериодные геомагнитные вариации с периодами $T \geq 0,5$ сут. Полученные данные свидетельствуют о сложном характере геомагнитных вариаций на ГФО "Михнево". В качестве примера на рис. 1 приведены результаты вейвлет-анализа геомагнитных вариаций за февраль–август 2011 г.

Из представленной скалограммы видно, что выделяется несколько хорошо выраженных периодичностей в вариациях магнитного поля Земли. Обработка данных показывает, что наряду с известными вариациями с периодом около 27 суток и двумя гармониками указанной периодичности в ~6–8 и ~12–14 сут. наблюдаются периодичности локальных вариаций магнитного поля Земли с периодом 57–60 сут, около 180 сут. (рис.2).

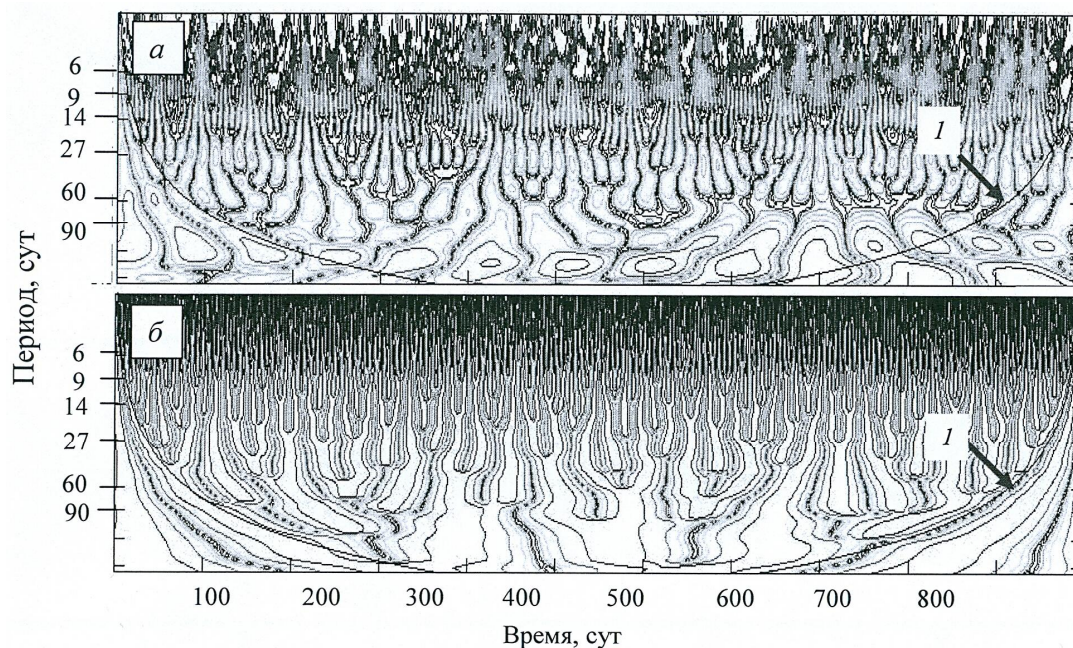


Рис. 1. Результаты вейвлет-анализа горизонтальной компоненты магнитной индукции B_x на ГФО МНУ за период 2010 – 2012 гг. (1 – конус влияния); а – амплитуда, б – фаза

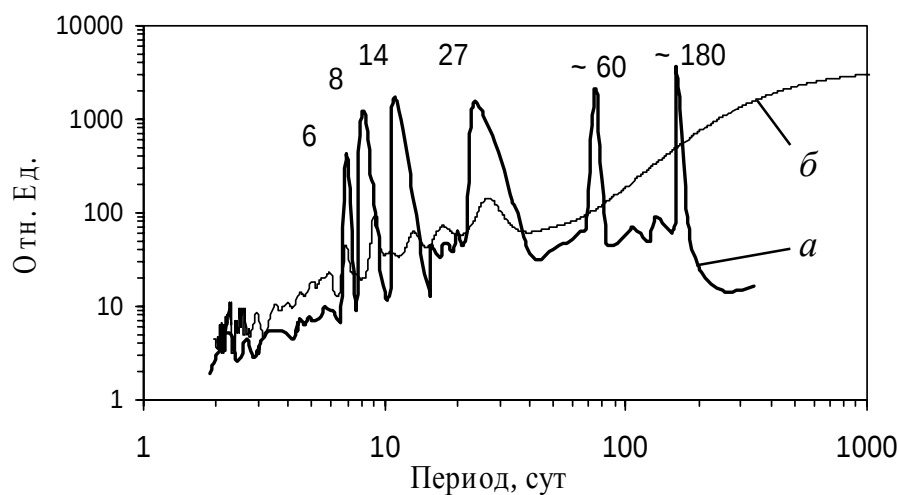


Рис. 2. Глобальный вейвлет-спектр (а) геомагнитных вариаций; а – спектр Фурье; цифры в поле рисунка – характерные значения периодов

На рис. 3 и 4 представлены соответственно вариации уровня подземных вод безнапорного водоносного горизонта период 2009 – 2013 гг. и результаты их вейвлет анализа. Видно, что наряду с сезонными отчетливо выделяются периодичности с периодами 7; 8; 9,5; ~ 14; ~ 60 и ~ 120 сут.

Вычисленные вариации амплитуды магнитного типпера приведены на рис. 5. Для сравнения на этом же рисунке представлены сезонные изменения уровня подземных вод безнапорного каширского водоносного горизонта.

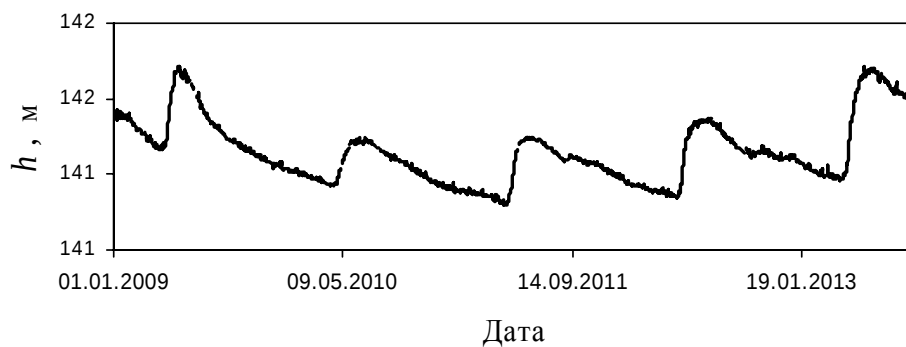


Рис. 3. Изменение уровня безнапорного водоносного горизонта, абс.отм., м

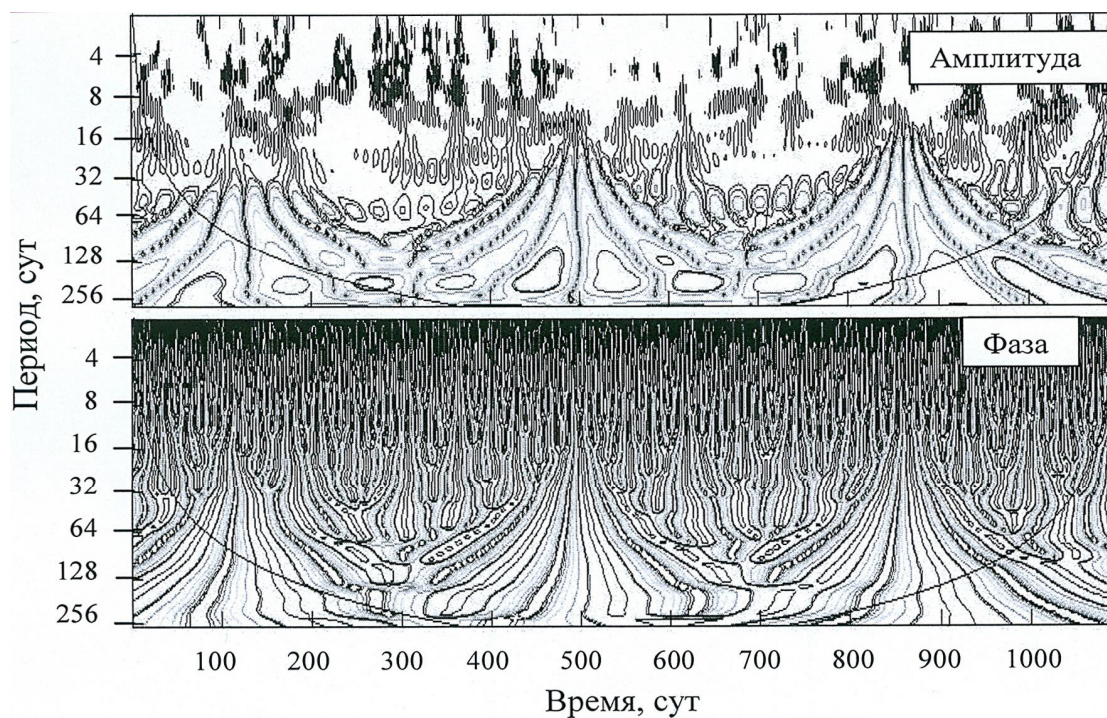


Рис. 4. Результаты вейвлет-анализа вариаций уровня подземных вод за период 2010 – 2012 гг.

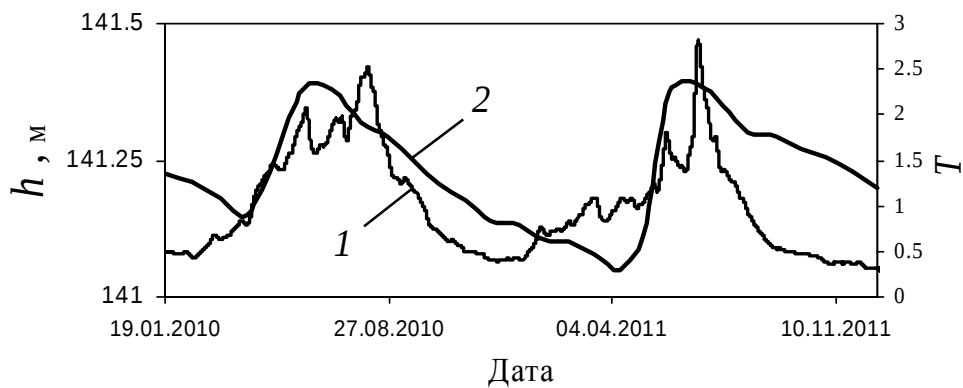


Рис. 5. Вариации магнитного типпера (1) и уровня подземных вод (2) на ГФО МНУ

Данные на рис. 5 свидетельствуют о наличии синхронности в вариациях типпера и уровня подземных вод. Оценка тесноты (силы) связи между двумя рядами данных проводилась с помощью вычисления коэффициента линейной корреляции Пирсона (K_L), коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (K_C) и Кендалла (K_K). Результаты расчета коэффициента линейной корреляции Пирсона ($K_L = 0,85$) свидетельствуют о наличии тесной ($|r| > 0,93$) линейной корреляционной связи между магнитным типпером и уровнем подземных вод. Генеральный коэффициент корреляции с вероятностью 99% лежит в интервале $0,935 < \rho < 0,987$. При использовании коэффициентов ранговой корреляции было получено, что коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла составили соответственно 0,95 и 0,78. При использовании критерия Стьюдента для этих коэффициентов было обнаружено, что эмпирические значения для коэффициентов корреляции Спирмена и Пирсона попадают в критическую область, что подтверждает нулевую гипотезу о значительной корреляционной зависимости между вариациями магнитного типпера и уровнем подземных вод.

Таким образом, показана значимая корреляция между сезонными вариациями одного из основных параметров магнитного поля – магнитного типпера, и изменением уровня подземных вод в безнапорном горизонте.

Обнаруженная связь между локальными вариациями магнитного поля и изменением уровня подземных вод может оказаться также существенной и более сложной в регионах с другими гидрогеологическими режимами подземных вод.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 14-05-00073-а).

Литература

1. Адушкин В.В., Спивак А.А. Физические поля в приповерхностной геофизике. М.: ГЕОС, 2014. 360 с.
2. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И., Голубцова Н.С. и др. Магнитовариационное зондирование: новые возможности. // Физика Земли. 2003. № 9. С. 3 - 30.
3. Жданов М.С. Электроразведка. М.: Недра. 1986. – 316 с.
4. Labson V.F., Becker A. Natural field and very low-frequency tipper profile interpretation on contacts// Geophysics. 1987. Vol. 52. No. 12, pp. 1697 - 1707.
5. Vozoff K. The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins// Geophysics. No.1, 1972. Vol. 37, pp. 98 - 141.
6. Закс Л. Статистическое оценивание.- М.: Статистика, 1976.– 598 с.
7. Berger A. A basic theory of Benford's law// Probability Surveys. 2011. Vol. 8. No. 1. P. 1 – 126. ISSN: 1549-5787. Doi: 10.1214/11-PS175.
8. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения// Успехи физических наук. 1996. Т. 166. № 11. С.1145 – 1170.
9. Larsen J.C. Transfer functions: smooth robust estimates by least-squares and remote reference methods// Geophys. J.,1989. Vol. 99, pp. 645 - 663.

Восьмые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 2015 г.

Ломтев В.Л. Новое в строении и истории абиссальных холмов СЗ плиты Пацифики	218
Ломтев В.Л. Новые данные по тектонике СЗ плиты Пацифики	223
Магомедов М.Н. О барической фрагментации железа и природе геотермального тепла	228
Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны в новейшей структуре Восточно-Европейской платформы	233
Мартышко П.С., Ладовский И.В., Бызов Д.Д. Методика и алгоритмы построения трёхмерных плотностных моделей на основе интерпретации гравитационных и сейсмических данных	238
Мартышко П.С., Пьянков В.А., Рублев А.Л., Гемайдинов Д.В. Изучение природы источника радоновых аномалий (Калифорния)	242
Миндубаев М.Г. Свободная тепловая конвекция в высокопроницаемых слоях пористой среды с различной пространственной ориентацией	246
Муравина О.М., Глазнев В.Н. Метод локальных поправок при плотностном моделировании строения литосферы	249
Мухамедяров Р.Д. Куда уходит вода озера Чад?	253
Мухамедяров Р.Д. Применение технологии МВТГМ для описания геоструктуры 3D - 4D г. Казани	258
Паровышный В.А., Сеначин В.Н., Сохатюк Ю.В. Казаков А.И., Веселов О.В., Кочергин Е.В. Особенности вариаций естественных геофизических полей над залежью углеводородов	263
Пятаков Ю.В. Использование методов теории потенциала при решении прямой трехмерной стационарной задачи геотермии в условиях зависимости теплопроводности пород от температуры	268
Романов А.М. Взаимосвязи термодинамических и электрических параметров процесса взаимодействия горных пород и вод	273
Рябова С.А., Спивак А.А. Вариации сейсмического фона в периоды геомагнитных вариаций	282
Рябова С.А., Спивак А.А., Горбунова Э.М. Вариации магнитного типпера на земной поверхности при изменении уровня подземных вод	288
Самаров В.Н., Непомнящий В.З., Комлева Е.В. Концепция Кольского международного кластера технологий обращения с высокоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом	293
Самаров В.Н., Непомнящий В.З., Комлева Е.В. Эволюция концепций подземного хранения/захоронения ОЯТ/РАО	296
Сарвартинов А.И., Арзамасцев Е.В. Поиск электромагнитных неоднородностей по фазовому параметру	301
Стогний Г.А., Стогний В.В. Сейсмогенерирующие разломы кристаллического фундамента Верхояно-Колымской орогенной области	305
Сурина О.В., Дьяконова А.Г., Вишнев В.С. Электрогравитационная модель верхней части литосферы Северного Урала	309
Тимофеев Д.Н. Силановая нефть и глобальные процессы трансформации Земли	316
Тимохин А.В., Лаптев Ю.В., Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Яковлев А.М. Горно-геометрические задачи картирования карстов и роль гидродинамической модели в прикладных схемах полевой электроразведки и скважинных методов: резистивиметрии и термометрии	321
Тимохин А.В., Лаптев Ю.В., Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Яковлев А.М. Петрофизическая характеристика и геохимическая регистрация (металлометрический принцип) рудных полей, представленных различными гео-типами Mg, Al, Fe-минерализации, при разномасштабной сырьевой оценке	326
Тимохин А.В., Лаптев Ю.В., Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Яковлев А.М. «Влагомерная» методика электрометрии как принципиальное решение формирования	331