

УДК. 550.38: 550.343(575.1)

Геомагнитный мониторинг сейсмической ситуации в Узбекистане

К.Н. Абдуллабеков, М.Ю. Муминов, А.И. Туйчиев

Tel.: +99871-241-74-98, 241-51-70; Fax: +99871- 241-75-32; E-mail: tashkent@seismo.org.uz

Институт сейсмологии им. Г.Мавлянова Академии Наук Республики Узбекистан, Ташкент

В настоящее время на геодинамических полигонах Узбекистана функционирует сеть комплексных сейсмических, гидрогеосейсмологических и деформометрических станций, в том числе 10 стационарных магнитометрических станций, включая магнитно-ионосферную обсерваторию «Янгибазар». На этих станциях проводятся непрерывные наблюдения комплекса геолого-геофизических, гидрохимических и гидродинамических параметров, которые анализируются на заседаниях Прогнозной комиссии Института и на основе выявленных аномальных изменений на этих полях выдаются еженедельные прогнозные заключения о сейсмической ситуации на территории Узбекистана. Кроме того, на территориях техногенных объектов установлены магнитометрические станции, данные которых, по мере надобности также используются при локализации аномальных изменений геомагнитного поля. При локализации аномальных изменений геомагнитного поля также используются результаты измерений на пунктах повторных наблюдений Ташкентского, Чарвакского и др. полигонов.

В данной статье приводятся несколько примеров аномальных предвестниковых изменений геомагнитного поля, выявленные на стационарных магнитометрических станциях Узбекистана, которые связаны с конкретными сейсмическими событиями.

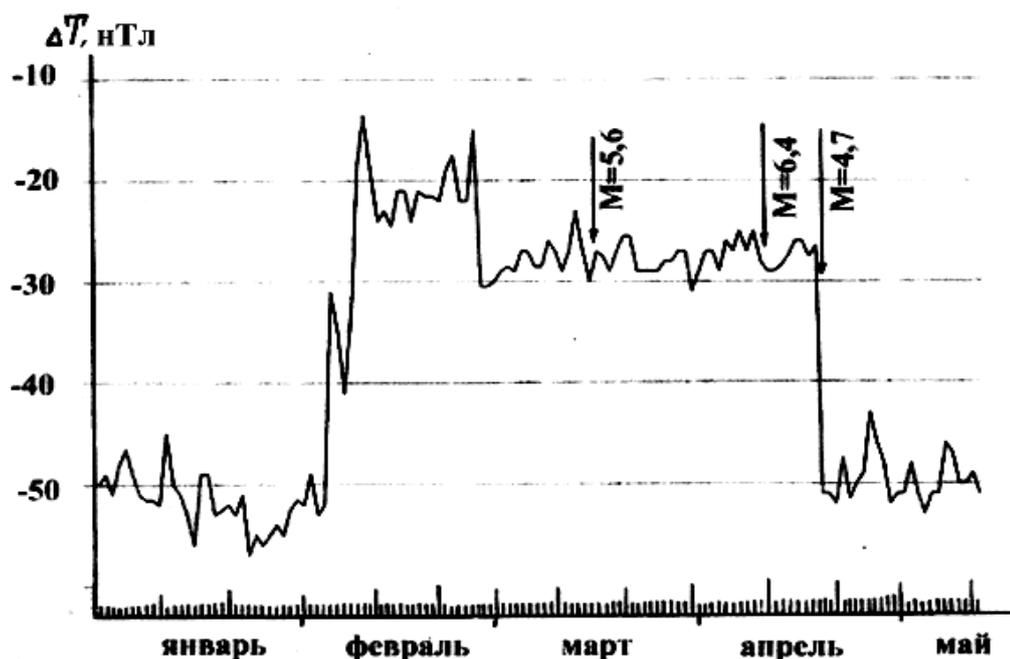


Рис.1. Аномальные изменения геомагнитного поля на станции «Шурчи» в 2004 году, связанные с глубокими Афганскими землетрясениями 12 марта с $M=5,6$; 5 апреля с $M=6,4$; 14 апреля с $M=4,7$.

Афганские землетрясения 2004 года (12 марта с $M=5,6$; 5 апреля с $M=6,4$; 14 апреля с $M=4,7$). Магнитометрическая станция «Шурчи» является самой южной станцией, и она наиболее близко расположена к очагам глубоких Афганских землетрясений. В 2004 году в течении января месяца вариации геомагнитного поля на станции «Шурчи» была спокойной, со средним уровнем около -53 нТл (рис.1). С 4 февраля поле начало интенсивно

расти и к 12 февраля она начала варьировать на уровне -22 нТл. К 25 февраля она снизилась в виде ступеньки на 10 нТл. После этого поле начала постепенно расти до 9 марта, когда произошла смена знака, и поле начало уменьшаться. 12 марта 2004 года в 280 км к юго-востоку от станции произошло землетрясение с $M=5,6$. После землетрясения уровень геомагнитного поля не вернулся к исходному уровню. Наблюдались синусоидальные вариации до 4 апреля, когда произошла смена знака, и поле начало уменьшаться. 5 апреля в 260 км к юго-востоку от станции произошло сильное Афганское землетрясение с $M=6,4$. И после этого землетрясения уровень вариаций на станции «Шурчи» остался на аномальном уровне до смены знака аномальных изменений 13 апреля, когда поле начало уменьшаться. На этом спуске в 250 км к юго-востоку от станции произошло последнее землетрясение с $M=4,7$. Как видно из рис.1, аномальное изменение магнитного поля сохранилось до полного снятия напряженного состояния среды в очаговой области.

Землетрясения на Афгано-Таджикской границе 10 апреля ($M=4,3$) и 13 апреля ($M=4,0$) 2006 года. На прогностической станции «Шурчи» до 15 марта 2006 года магнитное поле (ΔT) варьировало на уровне $-50-45$ нТл (рис.2). После 15 марта отмечено кратковременное отрицательное бухтообразное изменение поля с интенсивностью -12 нТл до 20 марта. После этого поле начало снижаться в виде ступеней и достигла максимума изменений (-35 нТл) 8 апреля. С этого времени аномальное изменение поля изменила знак и начала расти и 9 апреля вернулось к исходному уровню. 10 апреля в 270 км к юго-востоку от станции на Афгано-Таджикской границе произошло землетрясение с $M=4,3$. После этого магнитное поле начало опять снижаться (-4 нТл), 12 апреля наблюдался смена знака и поле вернулось к исходному уровню 13 апреля 2006 года. В этот день в 160 км к юго-востоку от станции на Афгано-Таджикской границе произошло землетрясение с $M=4,0$.

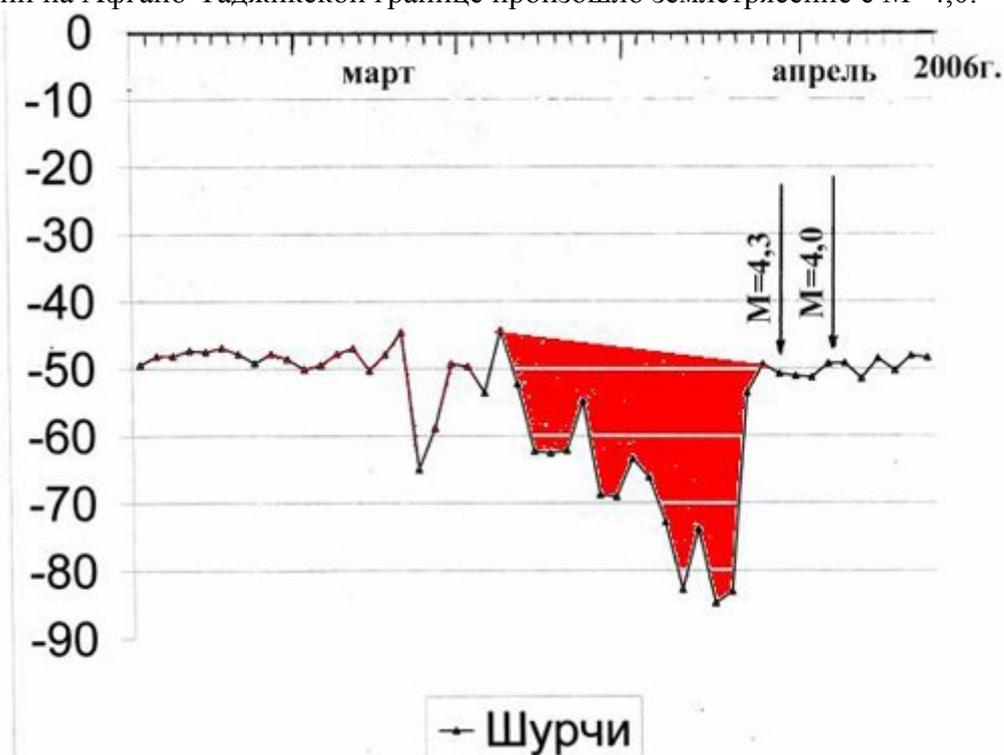


Рис.2. Аномальные изменения геомагнитного поля на станции «Шурчи», связанные с землетрясениями на Афгано-Таджикской границе 10 апреля с $M=4,3$; 13 апреля 2006 г. с $M=4,0$.

В 2008 году по данным геомагнитных наблюдений на станции «Хумсан» выявлено аномальное изменение поля, связанное с тремя землетрясениями (рис.3). Вариации геомагнитного поля на станции «Хумсан» относительно обсерватории «Янгибазар» ΔT с начала года до 11 июня находилась на уровне -374 нТл. Затем поле начало снижаться до уровня -422 нТл (26 июля), и в этот день произошла смена знака аномалии, и поле начало

расти. На этом подъеме 31 июля произошло землетрясение с $M=4,5$ в пределах Чаткало-Кураминских гор, на территории Республики Кыргызстан. После этого аномальный уровень ΔT сохранялся до 15 августа, когда ΔT начало расти. На этом подъеме, при достижении ΔT своего фонового уровня, 22 августа произошло Ташкентское землетрясение с $M=4,7$. После этого ΔT варьировало на фоновом уровне до 25 сентября, когда поле начали стремительно расти, к 1 октября изменилось на 40 нТл. 2 октября произошла смена знака аномалии и 4 октября в поселке Нура (Республика Кыргызстан) произошло сильное землетрясение с $M=6,6$. Как видно из рис.3, все три землетрясения произошли вокруг станции «Хумсан», на вариациях геомагнитного поля которого отразились в виде одной бухтообразной аномалии, которая свидетельствует об общем напряженном состоянии северо-восточной части исследуемого региона.



Рис.3. Изменение геомагнитного поля на станции «Хумсан», связанное с процессами подготовки землетрясений

Как видно из вышеприведенных примеров, силу, место и время возникновения землетрясения с некоторыми погрешностями можно прогнозировать. Но для этого необходимо создать научно обоснованную сеть комплексных сейсмопрогностических наблюдений с учетом геолого-тектонических, сеймотектонических особенностей региона. Над решением данной проблемы мы занимаемся в рамках выполнения фундаментальной темы «Разработка теоретических основ системы прогнозирования землетрясений», где на основе детального сейсмопрогностического мониторинга комплекса предвестников, анализа и обобщения многолетних экспериментальных данных на полигонах Узбекистана с привлечением результатов мировых данных, выявления эмпирических зависимостей характера, интенсивности, длительности аномальных изменений геофизических, гидрогеосейсмологических, деформометрических параметров с характеристиками землетрясений будет разработана теоретическая основа системы комплексного прогнозирования землетрясений в Узбекистане.

УДК. 550.38: 550.343(575.1)

Совместные геомагнитные исследования в Узбекистане

К.Н. Абдуллабеков, М.Ю. Муминов, А.И. Туйчиев

Tel.: +99871-241-74-98, 241-51-70; Fax: +99871- 241-75-32; E-mail: tashkent@seismo.org.uz

Институт сейсмологии им. Г.Мавлянова Академии Наук Республики Узбекистан, Ташкент

1. Сотрудничество

В настоящее время над проблемой прогноза землетрясений работают десятки тысяч ученых. Исследователи вооруженные новейшими высокочувствительными приборами, ведут наблюдения за различными предвестниками . Достигнуты определенные успехи...

За последние 40 лет, благодаря научному сотрудничеству лаборатории «Вариаций геофизических полей» Института сейсмологии АН Республики Узбекистан с ведущими научно-исследовательскими институтами России такими как Институт физики Земли, ИЗМИР АН, Института геофизики УО РАН, ИВТ РАН и аналогичными учреждениями бывших Союзных Республик получены уникальные результаты геомагнитных исследований в области поисков предвестников и прогнозирования землетрясений [1-3]. В настоящей статье приведены итоги научно-технического сотрудничества Института сейсмологии АН РУз с Институтом геофизики УО РАН. В достижении этих весомых результатов несомненно, значимую роль сыграло договор о научном сотрудничестве составленный в 1974 году директором Института геофизики УНЦ АН СССР Ю.П. Булашевичем и директором Института сейсмологии АН УзССР Г.А.Мавляновым.в области геомагнитных исследований. Этот договор юридически действовал 20 лет и начатое сотрудничество неофициально продолжается и поныне. В реализации этого договора принимали участия со стороны Института геофизики УО РАН сотрудники лаборатории геомагнетизма д.ф.-м.н А.Н.Иванов, кандидаты ф.-м. н. В.А.Шапиро, В.А.Пьянков, Н.В.Федорова, Ф.И.Никонова, С.И.Максимовских и др. Со стороны Института сейсмологии АН Р Уз.. сотрудники лаборатории «Вариаций геофизических полей» академик АН Р.Уз К.Н.Абдуллабеков, доктора наук Х.А.Абдуллаев, С.Х.Максудов, Г.Ю.Азизов, кандидаты ф.-м. н М.Ю.Муминов, Е.Б.Бердалиев, У.А. Нурматов, А.И.Туйчиев и другие.

2. Аппаратурная помощь

В рамках содружества сотрудниками Института геофизики УНЦ в 1975 году изготовлено и передано в институт сейсмологии АН Р.Уз два комплекта полевых высокоточных магнитометров Т-МП. Проведены полевые испытания их в экстремальных климатических условиях Средней Азии. Проведенные испытания показали их высокую стабильность работы на горных, пустынных и других бездорожных эксплуатационных условиях Средней Азии до температур + 50⁰С.

- в период создания сети прогностических станций Узбекистана была передана два стационарных магнитометра МПП-1М.

- в период проведения различных экспедиционных и экспериментальных работ неоднократно эпизодически использовались полевые и стационарные магнитометры Института геофизики УО РАН.

- Систематически оказана помощь в проведении ремонтно-профилактических и контрольно- сверочных работ.

3. Экспедиции

В рамках сотрудничества организованы более десяти экспедиции и проведены:

- полевые исследования на пунктах повторных маршрутных и площадных наблюдений сейсмопрогностических полигонов Узбекистана;

- уникальные эксперименты над очагом 10-балльного Газлийского землетрясения в до, момент свершения и после толчка.

- эксперименты в районе Кокандской региональной магнитной аномалии;

- эксперименты по изучению влияния на магнитное поле полного солнечного затемнения в Приташкентском районе;

Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 2009 г.

- эксперименты, по исследованию связи режима эксплуатации скважин на магнитное поле земли на территории комплексной прогностической станции Ленин Юлы;
- оконтуривание Южно Тянь-Шанской региональной аномалии электропроводности;
- эксперименты по усовершенствованию методики наблюдений и интерпретации результатов, создание оптимальной сети геомагнитных прогностических станций и другие

4. Методические разработки

Совместно разработаны и внедрены:

- в 1975 году в практику геомагнитных исследований Узбекистана внедрена «методика синхронных наблюдений». Организованы временные и стационарные опорные пункты для отработки каждого из геодинамических полигонов;
- внедрён «Способ геофизической разведки» В.А.Пьянкова и др. (А.с. №819777) в целях поиска и оконтуривания региональной аномалии электропроводности в Узбекистане;
- методика наземных и аэромагнитных экспериментальных исследования по изучению динамики Кокандской региональной магнитной аномалии;
- методика исследования вариаций геомагнитного поля в зависимости от эксплуатации скважин на различных водоносных горизонтах;
- методика исследования влияния солнечного затемнения, а так же других природных и искусственных явлений на магнитное поле;
- разработаны методы оптимального размещения сети прогностических магнитометрических станций и интерпретации полученных результатов;
- получены два авторских свидетельства на изобретения

5. Результаты совместных исследований

Наиболее ценными результатами совместных исследований являются:

- разработка и внедрение методических новшеств повысили точность выделения аномальных изменений связанных с геодинамическими процессами в земной коре, от 2-4 до 0,5-1,0 нТл;
- проведенный над очагом эксперимент до, в момент и после толчка 10 балльного Газлийского землетрясения 17 мая 1976 года является уникальным и пока единственным в мировой практике. При разрешающей способности применяемой аппаратуры 0,1 нТл и при естественном уровне флуктуаций разностей магнитного поля между эпицентрными и опорными пунктами (ОП Тамдибулак-140км, обсерватория Янгибазар-500км,) 2 - 3 нТл не удалось обнаружить аномальные изменения появляющиеся за несколько суток или часов до толчка, а так же аномалии связанные с перемещениями масс или другими явлениями в момент землетрясения и исчезающие после него. Установлено аномальное искажение (на 85-90%) бухтообразных вариаций с характерными временами 1-3 часов над очагом готовящегося сильного землетрясения и в период его активной афтершоковой деятельности;
- Исследованиями особенностей протекания солнечно-суточных вариаций выявлена и частично оконтурены Южно Тянь-Шанская региональная аномалия электропроводности. В.А.Шапиро отмечая сходство особенностей изменения магнитного поля Башкирской и Буткинской аномалии электропроводности на Урале и Южно Тянь-Шанской в Средней Азии и принимая существующие геологические представления о глубинных связях структур Урала и Тянь-Шаня, высказал мнение о единстве трансконтинентальной Урало-Тянь-Шанской аномалии электропроводности [4];
- исследованиями особенностей проявления сейсмамагнитного эффекта установлено, что наиболее чувствительными к геодинамическим процессам, в частности к прогнозу землетрясения оказались пункты расположенные в зонах с аномальной электропроводностью. Сейсмопрогностические магнитометрические станции на геодинамических полигонах Узбекистана были установлены с учетом этих выделенных зон. Практическое применение разработанных способов прогнозирования землетрясений позволило с 1982 года давать документированный прогноз времени, места и силы более ста ожидаемых землетрясений. Для 40% событий прогнозные и фактические данные практически совпали по трем параметрам, в 36% случаев отмечено хорошее совпадение прогнозируемых и фактических

данных по двум параметрам и удовлетворительное – по третьему, в 24% случаях прогноз не оправдался. При этом отмечена следующая характеристика точности параметров прогноза:

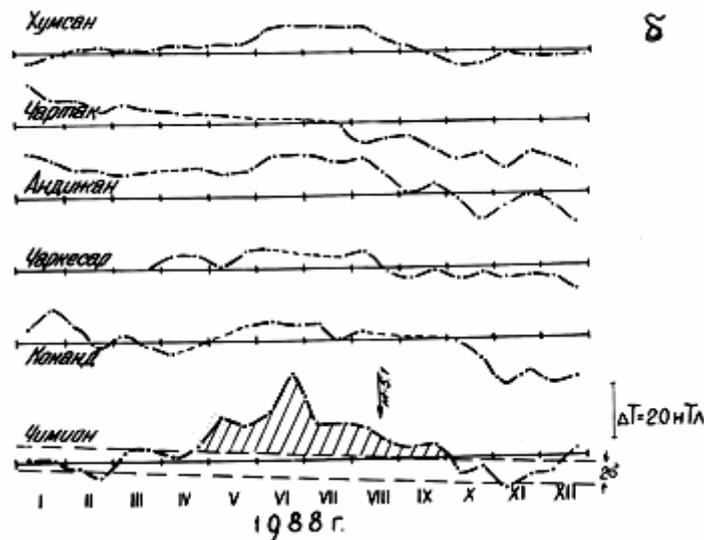
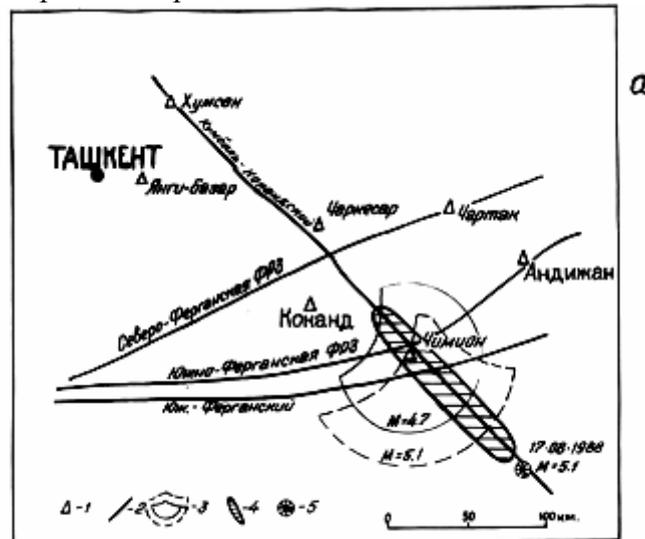
ВРЕМЯ - сутки, -первые недели для краткосрочных предвестников, 1,0-1,5 месяца для среднесрочных.

СИЛА - около единицы магнитуды(M)

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ЭПИЦЕНТРА

-в зависимости от силы: -сейсмоактивный регион(Например Северный Памир, Ферганская долина, Гиндукуш и др.) или его части –для мощных землетрясений

- участки площадью от первых сотен км до нескольких тысяч км для землетрясений средней силы.



На рисунке, в качестве примера приведена схема прогнозного заключения от 27.07.1988 года (а) основанная на проявлении предвестниковой аномалии на ст Чимшон и отсутствием аномалии на близрасположенных станциях в 1988году (б). Здесь: 1-прогностические станции (магнитометры МПП-1М); 2- активные разломы; 3-возможные зоны проявления землетрясений с $M = 4,7$ и $5,1$, определенные согласно способа М.Ю.Муминова [7]. При этом сила возможного события определена исходя из предполагаемой длительности предвестника от 120 до 170 суток, что соответствует землетрясениям с $M = 4,7$ и $5,1$ согласно установленным зависимостям $\lg \Delta t = 0,27M + 0,84$ [8]; 4

Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 2009 г.

– наивероятный район возникновения прогнозируемого землетрясения, 5 – фактический эпицентр Даравтурганского землетрясения 17.08. 1988г. с $M = 5,1$.

В заключении отметим что, плодами сотрудничества являются: получение двух Авторских свидетельств на изобретения [5,6] и их внедрение в практику Прогнозной комиссии Института сейсмологии АН РУз; совместная публикация 41 научных статьи; подготовка и выпуск одного кандидата физико-математических наук.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллабеков К.Н. Электромагнитные явления в земной коре.-Ташкент :Фан,1989, - 232с.
2. Мавлянов Г.А, Уломов В.И., Абдуллабеков К.Н., Шапиро В.А. и др. Аномальные вариации геомагнитного поля в Восточной Фергане – предвестник Алайского землетрясения 2 ноября 1978г. ДАН СССР. 1979. – 246. -№ 2 –с. 294-297.
3. Шапиро В.А., Абдуллабеков К.Н.. Наблюдения вариаций геомагнитного поля во время Газлийского землетрясения 17 мая 1976г. Геомагнетизм и аэрономия. 1978 -.Т. XVIII № 1 –с. 177-179.
4. Шапиро В.А. Урало-Тянь Шанская аномалия электропроводности. ДАН СССР. 1988. –Т.299. -№3. –С. 598-602.
5. Абдуллабеков К.Н., Азизов Г.Ю., Муминов М.Ю. .Шапиро В.А. «Способ прогнозирования землетрясений» Авторское свидетельство № 158823. Госкомизобретений СССР. 1990
6. Муминов М.Ю., Абдуллабеков К.Н., Шапиро В.А., Ходжиев Т. Авторское свидетельство № 1845 . Государственное патентное ведомство Республики Узбекистан 1994. №2. С. 86
7. Муминов М.Ю. Универсальный способ прогнозирования землетрясений. Информационное сообщение АН УЗССР № 441. Ташкент. Фан. 1988. 16с
8. Муминов М.Ю. Пространственно-временные особенности проявления сейсмомагнитного эффекта в Узбекистане и их использование в прогнозировании землетрясений. Автореферат диссертации канд. физ-мат .наук Ташкент .1990. 18с

УДК550.3:415.550.42(575)

Теоретические основы развития динамической гидрогеохимии

А.У. Абдуллаев, тел.: (8272) 269-46-03, факс: 269-46-23, e-mail: u.abdullaev@mail.ru

«Институт сейсмологии» МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан

В начале XXI века автором было сформулировано новое научное направление в науках о Земле на стыке гидрогеологии, геохимии, геофизики и сейсмологии – динамическая гидрогеохимия [1, 2, 3, 6, 8]. Оно возникло в результате анализа и обобщения огромного экспериментального материала, полученного при длительных непрерывных режимных наблюдениях за мультипараметрами подземных вод и приземной атмосферы с целью поисков предвестников землетрясений в СССР, Китае, Японии, США и Европе [3]. При этом было установлено, что реализация сильных землетрясений осуществляется при возникновении аномальных изменений динамических показателей и геохимического состава подземных вод, территориально связанных с областями подготовки сейсмических процессов. Такие аномалии имеют обычно бухтообразные, скачкообразные и импульсные формы и развиваются в течение от нескольких дней до нескольких месяцев до события и в период их реализации. Важнейшей особенностью таких аномалий является их пространственно-временная неустойчивость и мозаичность проявления. Другие быстропротекающие динамические процессы, как резкий подъем или опускание земной поверхности, «оживленные» активные разломы и др. четко «отбиваются» узкими аномальными полями в вариациях эманации радона, ртути, гелия, углекислого газа и других

газов. Такие аномальные эффекты, как позже выяснилось, имеют однозначную генетическую связь с ходом протекания геодинамических процессов. Таким образом, можно заключить, что пространственно-временные геофизические, геохимические и гидрогеологические аномалии являются отражением эндогенных процессов в ходе развития геодинамической неустойчивости в земной коре сейсмоактивных областей [4, 5].

В прежних работах [1–9], как основа развития динамической гидрогеохимии, была предложена феноменологическая модель процесса функционирования локально-равновесной гидрогеохимической системы в сейсмоактивном районе в координатах причинно-следственных связей (рисунок 1).

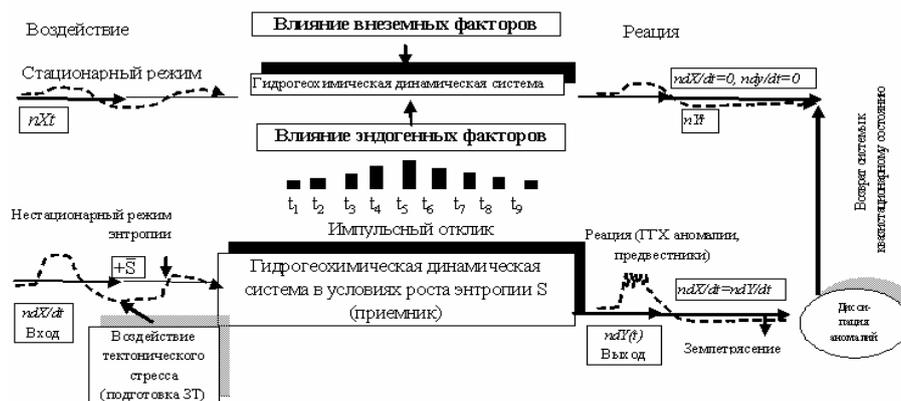


Рисунок 1. – Феноменологическая модель функционирования мультипараметрной гидрогеохимической системы в сейсмоактивном районе

Позже было установлено, что в гидрогеохимических (ГТХ) и гидрогеодинамических (ГГД) полях временные ряды наблюдений имеют циклично-периодическую структуру, обусловленную прямым воздействием внешних полей [3, 8, 10]. Поэтому для того, чтобы получить и оценить геогенную составляющую временных аномалий, отражающих ход протекания геодинамических, в частности сейсмических процессов, необходимо было разработать методы удаления влияния внешних гидрометеоро-космических факторов.

Рассмотрим теперь теоретические основы и физико-математические модели развития методов динамической гидрогеохимии.

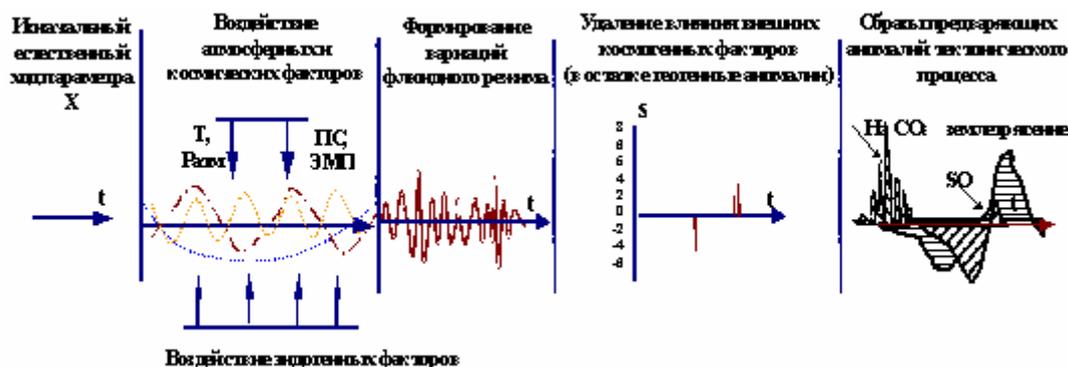


Рисунок 2 – Детерминированная модель исследования и выявления флюидных аномалий в сейсмоактивном районе

На примере Тянь-Шаня было установлено, что флюидный режим (Фр), и его отдельные составляющие (гидрогеодинамические показатели (D), анионы (A), катионы (K), физические параметры (F), газовый состав (G)) – имеют тесную прямую корреляционную связь с динамикой временного хода сейсмических процессов [10], в частности, с количеством землетрясений ЗТ – N, и выделившейся при этом сейсмической энергии (E), а также с деформационными процессами т.е. с напряженно-деформированное состояние среды (НДСС). Это соотношение позволяет нам рассматривать формирование временных

флюидных аномалий (Φ_{an}) как отклик – отражение геодинамической неустойчивости в непрерывном ходе саморазвивающейся и самоорганизирующейся локально равновесной открытой динамической системы [10] «порода–вода–газ» в контексте следующих причинно-следственных связей [4]:

$$\sigma \rightarrow \text{Seis} \rightarrow \Phi p, \quad (1)$$

т.е. аномальные изменения НДС среды σ приводят к сейсмическим процессам (Seis), что отражаются в флюидном режиме земной коры (Φp).

Иными словами, мы убеждаемся, что Φ_{an} является функцией от геодинамической неустойчивости среды, т.е.

$$F_{an} = f(\sigma) \quad (2)$$

В таком случае, исходя из уравнения состояния воды в водоносных пластах, можно принять следующую модель:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta n}{n} = \beta \Delta P \quad (3)$$

где n – пористость водоносного пласта, Δn – ее изменение, ρ – плотность воды, ΔP – ее изменение, β – коэффициент объемного сжатия воды в пласте, ΔP – изменение напора (пластового давления) под воздействием тектонических сил. В данном уравнении из-за весьма ничтожного значения коэффициента сжатия β им можно пренебречь. Тогда данная формула (3) приобретает следующий вид:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta n}{n} = \Delta P \quad (4)$$

Из (4) видно, что изменение физических параметров подземных вод напрямую зависит от приложения внешнего давления на водоносную структуру.

При возникновении флюидных аномалий в УПВ, $Q_{скв}$, а также в газохимическом составе ($\Delta \bar{C}$) их связь с обуславливающими факторами можно выразить следующим образом:

$$\Delta H(\Delta Q) = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (5);$$

$$\text{или } \Delta H(\Delta Q) = \frac{\varepsilon E}{\rho g n} \quad (6),$$

а в случае концентрационных изменений

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta C}{\bar{C}}; \quad \Delta C = -\frac{\Delta P \bar{C}}{n \rho g} * \gamma \quad (7)$$

В этих уравнениях: ε – деформация, E – модуль объемной упругости воды, g – ускорение силы тяжести, γ – интенсивность акустической эмиссии, знак «-» – означает сжатие водоносного горизонта.

Отсюда из (5), (6) и (7) мы видим, что приливные вариации, а также приращение внешнего давления (ΔP) и уровень высокочастотных акустических колебаний в районе наблюдаемых скважин (γ) оказывают прямое воздействие на формирование флюидных аномалий [3].

Можно утверждать, что между изменением σ (НДСС) в водоносном массиве и изменениями динамических показателей (УПВ, $Q_{скв}$, $T^0 C$, $P_{скв}$) или концентрационными изменениями в газохимическом составе подземных вод (ΔC) существует достаточно сложная, но прямая взаимосвязь в следующих соотношениях:

$$\Delta H(Q) = \frac{n\beta + (1-n)a}{\beta \rho g} * \Delta \sigma \quad (8)$$

$$\text{или же } \Delta\sigma = \frac{\beta\rho g}{n\rho + (1-n)/E} * \Delta H(Q) \quad (9)$$

где α - коэффициент вертикального сжатия, который можно заменить через модуль Юнга E . Если пренебречь ничтожным влиянием β , можно записать формулу (9) в следующем

$$\text{упрощенном виде: } \Delta\sigma = \frac{\rho g}{n\rho + (1-n)/E} * (\Delta H, \Delta Q) \quad (10)$$

Данная формула связывает напрямую изменение НДС с вариациями динамических показателей подземных вод в контролируемых геоструктурах. На этой основе автором предложена детерминированная модель исследования флюидного режима в сейсмоактивном районе (рисунок 2).

Таким образом, предложенная физико-математическая модель может служить научной основой развития динамической гидрогеохимии и позволяет создать методику и ГИС технологию исследований современных геодинамических процессов и разработать алгоритм распознавания прогностических признаков геодинамической неустойчивости и возникновения очагов разрушительных землетрясений по данным непрерывного мониторинга флюидных параметров в сейсмоактивных районах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев А.У. Гидрогеохимические и гидрогеодинамические методы в системе прогнозирования землетрясений в Казахстане./Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. (Доклады международного симпозиума). Алматы. Эверо. 1997. с.196-220.
2. Абдуллаев А.У. Картирование гидрогеохимических и гидрогеодинамических аномалий как метод реализации краткосрочного прогноза землетрясений (на примере Алматинского прогностического полигона). /Inland Earthquake. China. 2000. Vol.14. №3. p.264-268.
3. Абдуллаев А.У. Флюидный режим земной коры как отражение современных геодинамических процессов (на примере Тянь-Шаня). /Алматы. Эверо. С.352.
4. Абдуллаев А.У. Теория отражения современных геодинамических процессов в флюидном режиме земной коры./ Доклады НАН РК. 2002. с.29-41.
5. Абдуллаев А.У. Теоретические основы прогноза грозящей сейсмической опасности по вариациям флюидного режима земной коры. Проблемы предотвращения последствий разрушительных землетрясений./Доклады I-го Японско-Казахстанского семинара. Алматы. Эверо. 2002. с.99-109.
6. Абдуллаев А.У., **Гаимбетова Г.К.** Некоторые показатели НДС земной коры по вариациям гидрогеодинамических показателей./Тезисы докладов. Алматы.2003.с.249-253.
7. Абдуллаев А.У. Динамическая гидрогеохимия как новое научное направление в науках о земле./Труды международной научно-практической конференции «Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии на рубеже веков». Алматы. 2002. с.71-74.
8. Абдуллаев А.У., Остапенко В.Ф., Тукешова Г.Е. Исследование динамики флюидного режима Юго-Восточного Казахстана методом численной характеристики./Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке. Вып.3. 2008. с.13-19.
9. Войтов Г.И. Геодинамические процессы и нестабильность подземных водно-газовых систем./Роль подземной гидросферы в истории Земли./ М. Наука. 1990. с.91-103.
10. Николас Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах (от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуацию)/М. Мир. 1979. с.519.
11. Абдуллаев А.У. Исследование влияния атмосферных и космофизических факторов на флюидный режим земной коры./Тянь-Шаньского сейсмогена. Unland earthquake. Urumchi, 2000, vol.14, №4.

УДК581.621.6

Возможная природа аномальных вариаций естественного нейтронного потока в сейсмоактивной зоне

*А.У. Абдуллаев, В.Ф. Остапенко, Г.Е. Тукешова тел.: (8272) 269-46-01, факс: 269-46-23,
E-mail: tgulziza@mail.ru*

«Институт сейсмологии» МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан

Непрерывные наблюдения в течение ряда лет за величиной естественного нейтронного потока (ЕНП) в сейсмоактивной зоне вблизи Алматы (Казахстан) показали, что иногда величина ЕНП на часовом интервале резко возрастает по сравнению с обычной. Статистическое распределение разбросов величины ЕНП близко к нормальному, однако количество отклонений от среднего значения, превышающих его более чем на утроенную среднеквадратичную погрешность, выше в два с лишним раза теоретически ожидаемого из распределения Гаусса. Такие значения мы принимаем за аномальные. Очевидно, существует некий природный фактор, который обуславливает появление подобных аномалий. При анализе результатов измерений было установлено, что между величиной ЕНП и сейсмическими событиями имеется определенная связь. Периоды увеличения частоты появления аномалий обычно совпадают с периодами возрастания сейсмической активности (см. рис.1).

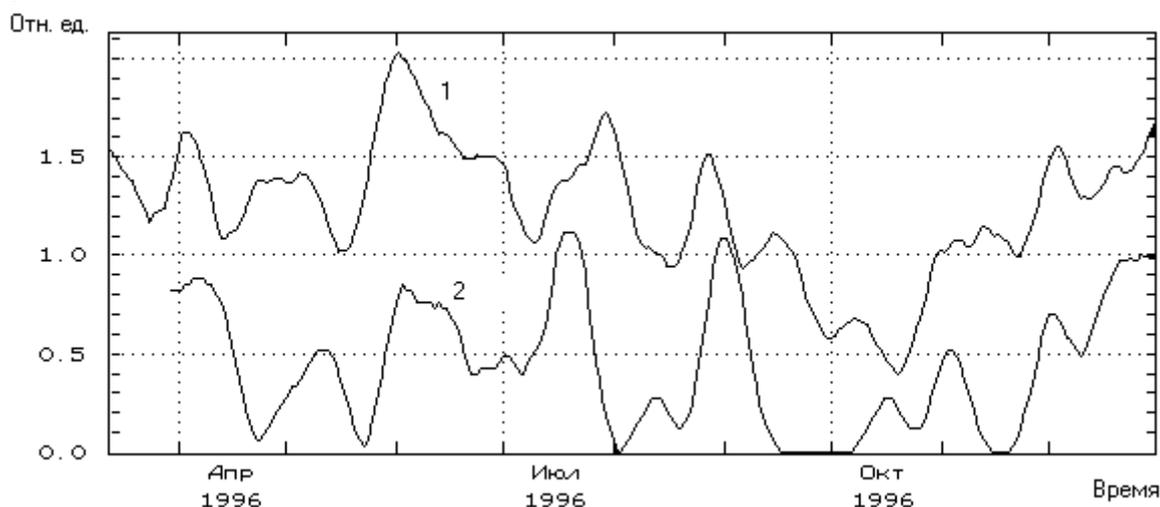


Рисунок 1. Сглаженные кривые распределения во времени моментов возникновения аномалий ЕНП (1) и землетрясений энергетических классов $K \geq 10$ (2)

Аномально большие значения величины ЕНП, зарегистрированные на часовом интервале, сопровождаются, как правило, последующими землетрясениями с энергетическими классами $K \geq 10$, эпицентры которых располагаются в радиусе до первых сотен километров от места регистрации ЕНП. Аномалии опережают землетрясения на время от 1 часа до 10 суток, но в основном (до 70% случаев) этот временной интервал не превышает 4 суток. Отмечена также тенденция роста величины аномалии с увеличением энергетического класса последующего землетрясения (рис.2).

Известно [1], что естественный нейтронный поток состоит из трех компонент. Во-первых, нейтроны образуются в результате взаимодействия космического излучения с атомными ядрами вещества атмосферы и земной коры. Во-вторых, свободные нейтроны выделяются при спонтанном делении ядер урана. Наконец, нейтроны могут образовываться в ядерных реакциях при взаимодействии альфа-частиц естественных радионуклидов с атомными ядрами легких элементов, входящими в состав атмосферы и земной коры. Следовательно, изменение величины ЕНП может вызываться либо вариациями интенсивности космических лучей, либо изменением концентрации урана и других

радиоактивных элементов, испускающих альфа-частицы, в пространстве, прилегающем к месту расположения детектора нейтронов.

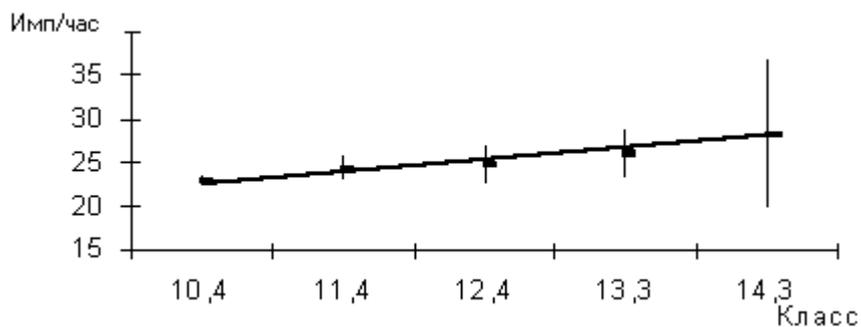


Рисунок 2. Зависимость скорости счета нейтронов от энергетического класса последующего землетрясения

Обработка результатов измерений показала, что аномальные возрастания величины ЕНП не удается объяснить дополнительным притоком радона - наиболее подвижного в природе радиоактивного элемента. Дело в том, что измерения ЕНП проводились в штольне, плотно закрытой дверьми, Вентиляция воздуха отсутствует, поэтому при дополнительном притоке радона аномально большие значения скорости счета нейтронов должны были бы отмечаться в течение времени, существенно превышающего часовой интервал, так как период полураспада радона составляет 3,8 суток. Но на часовом интервале, следующем после аномального, скорость счета нейтронов восстанавливалась на фоновом уровне. Косвенное заключение о непричастности радона к всплескам нейтронного потока было позднее подтверждено на Камчатке Ю.Д. Кузьминым непосредственными измерениями содержания изотопов радона в воздухе вблизи расположения детектора нейтронов [2] (см. рис3.).

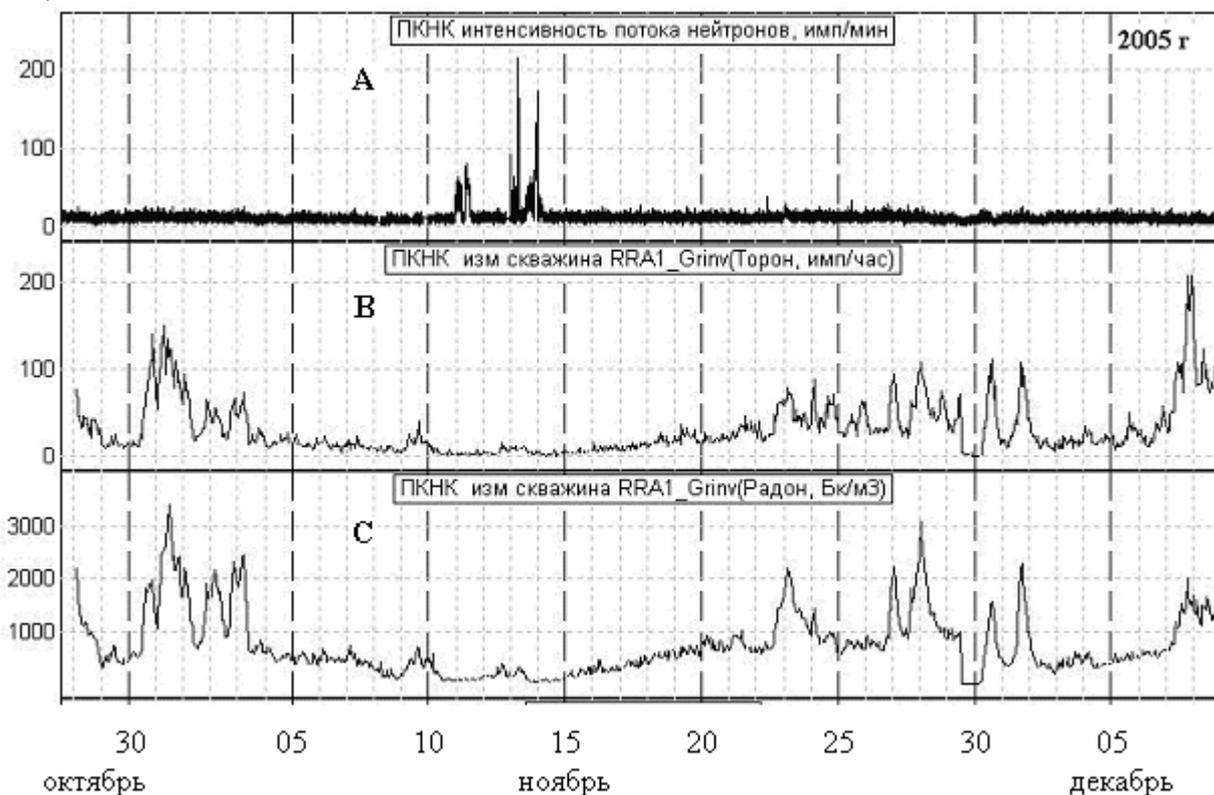


Рисунок 3. А – Интенсивность потока нейтронов, В и С- объемная активность торона и радона в почвенном воздухе соответственно

Содержание других радиоактивных элементов в пространстве, окружающем детектор нейтронов, остается практически неизменным. Таким образом, причиной изменения величины ЕНП, скорее всего, являются вариации космических лучей и, в частности, вариации мю-мезонов, относящихся к их жесткой компоненте, так как только эти частицы способны проникнуть в штольню через десятки метров горной породы. Величина нейтронного потока по нашим измерениям в штольне оказалась меньше его значения на поверхности в 12 раз. Толщина слоя горных пород над детектором нейтронов должна ослаблять поток мю-мезонов примерно в 10 раз. Близость этих величин, очевидно, свидетельствует о происхождении нейтронов за счет потока мю-мезонов.

Расчеты показали, что в наших условиях в штольне нейтронная компонента, образованная под действием космического излучения, составляет около 90% от всего регистрируемого подземного ЕНП.

Природа связи между ЕНП и землетрясениями пока не ясна. Можно предположить, что аномалии ЕНП вызываются вариациями интенсивности космических лучей под действием потоков солнечного вещества, выбрасываемого в межпланетное пространство (солнечный ветер) во время вспышек на Солнце. Энергия же солнечного ветра, передаваемая Земле, приводит в действие спусковой механизм процесса возникновения землетрясений в тех местах, где для них уже подготовлены условия. Однако, несмотря на кажущуюся физическую обоснованность данной гипотезы, имеются данные, которые трудно объяснить в ее рамках. Так, например, наши исследования показали, что при магнитных бурях, проявляющихся после вспышек на Солнце, аномальных вариаций ЕНП в большинстве случаев не отмечается. Следовательно, объяснить возникновение аномальных вариаций ЕНП наличием эффектов солнечного ветра не удастся.

Имеется достаточное количество спутниковых наблюдений в околоземном пространстве, устанавливающих наличие определенных сейсмо-магнитосферных связей, которые возникают перед сильными землетрясениями. Можно для аномального всплеска ЕНП предложить следующее объяснение. Суть его заключается в том, что в пространстве над очагом готовящегося землетрясения происходят некоторые изменения, в частности, может происходить локальное изменение величины магнитного поля, обуславливающего возрастание жесткой компоненты космических лучей, что, в свою очередь, вызывает аномальную вариацию ЕНП. В пользу высказанной гипотезы говорит факт прямой зависимости величины амплитуды нейтронной аномалии от энергетического класса последующего землетрясения. Такое возможно в том случае, когда мера изменения свойств пространства, в частности, магнитного поля, над очагом готовящегося землетрясения зависит от энергии, накопленной в очаге. Кроме того, землетрясения, эпицентры которых находятся на значительном удалении от места расположения нейтронного детектора, не предваряются аномалиями ЕНП, что свидетельствует о конечных размерах радиуса области пространства с измененными свойствами. Указанное обстоятельство, очевидно, выполняется в том случае, когда область пространства с измененными свойствами формируется над очагом готовящегося землетрясения и, естественно, размеры такой области должны зависеть от размеров очага.

Все это не противоречит данным, опубликованным в литературе. Высказанное предположение согласуется с исследованиями сотрудников МИФИ, проведенными с помощью аппаратуры, установленной на искусственных спутниках Земли, которые показали наличие эффектов высыпания заряженных частиц из радиационных поясов в районах над эпицентрами последующих землетрясений. Эти эффекты они объясняют воздействием низкочастотного электромагнитного излучения, возникающего при процессах подготовки землетрясения на ионосферу [3]. В работе армянских исследователей [4] указано, что за 30 минут до Спитакского землетрясения в стратосфере над Ереваном наблюдалось 100%-ное увеличение жесткой компоненты космических лучей. В другой работе [5] отмечается линейная зависимость интенсивности космических лучей, регистрируемых нейтронными мониторами, от общего энерговыделения при землетрясениях по всему Земному шару.

Указывается также [6], что на Баксанской нейтринной обсерватории были зарегистрированы кратковременные (не более 15 минут) всплески мю-мезонов высоких энергий, обусловленных выбросами солнечного вещества в межпланетное пространство при вспышках на Солнце.

Подводя итоги, следует отметить, что аномальные всплески ЕНП, являются достаточно эффективными предвестниками сильных землетрясений. Поэтому, даже если и неизвестна их природа, нельзя пренебрегать ими при прогнозах землетрясений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков Г.В., Зябкин В.А., Лятковская Н.М., Цветков О.С. Естественный нейтронный фон атмосферы и земли. Атомиздат, Москва, 1966, с. 178, 265, 149, 469.
2. Кузьмин Ю.Д. Регистрация интенсивности нейтронного потока на Камчатке в связи с прогнозом землетрясений. В сб. " Геофизический мониторинг Камчатки". ОТТИСК, Петропавловск-Камчатский, 2006, с. 149 - 156.
3. Гальпер А.М. Землетрясения: Прогноз из Космоса?// Наука в России. 1994. Вып.1. С.39
4. Асатрян Г.А., Асатрян Гр.А., Бабаян В.Х., Стожков Ю.И., Оганян Г.Ж. Увеличение интенсивности ионизирующей компоненты космических лучей в период Спитакского землетрясения 1988 г. //Изв. АН СССР, Сер. физ. 1991. Т. 55. № 10. С. 1979-1981.
5. Соболев Г.А., Шестопалов И.П., Харин Е.П. Геоэффективные солнечные вспышки и сейсмическая активность Земли. // Физика Земли. 1998. № 7. С. 85-90.
6. Карпов С.Н., Мирошниченко Л.И. Вашенюк Э.В. // Изв. РАН. Сер. физ. 1997. Т. 61. № 7. с. 1466-1469.

УДК 519.863

Построение интерпретационных уравнений регрессии с самоопределяющимися показателями

*В.А. Антонов, тел. 350-37-09, факс 350-21-11, E-mail: Antonov@igd.uran.ru
Институт горного дела УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

Выявление закономерностей распределения геофизических измерений, проводимое с целью их интерпретации, часто основывают на уравнениях регрессии. Подобные уравнения сводятся к стохастической зависимости следующего вида

$$Y_i = A_1 Z_1 + A_2 Z_2 + \dots + A_j Z_{ji} + \dots + A_m Z_m + B + \varepsilon_i$$

где Z_{ji} – частное i -значение непрерывной монотонно изменяющейся некоторой функции, которая зависит от детерминированного j -аргумента ($j = 1, 2, 3, \dots, m$); Y_i – заданное случайное значение зависимой величины ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); n – количество случайных значений $Y_i (n > m)$; ε_i – случайное отклонение зависимой величины от линии регрессии, то есть от ее тренда. Функция Z может быть степенной, показательной или иной другой. Она зависит от входящих в нее показателей и коэффициентов ξ . Поскольку чаще всего значения ξ , соответствующие искомым закономерностям, заранее неизвестны, то в применяемых схемах регрессии их выбирают искусственно. Например, в случае степенной функции показатели степени μ ($\xi = \mu$) задают числами натурального ряда. Получают полиномы, содержащие члены: линейный, квадратный, кубический и т. д. Однако природные закономерности редко совпадают с такими трендами. Даже при достижении высокого коэффициента детерминации тренда интерпретационные уравнения регрессии из-за необоснованного выбора параметров ξ обладают в широких интервалах интерполяции и, особенно, в интервалах экстраполяции весьма низкой достоверностью.

Для решения этой проблемы, очевидно, необходимо исходить из того, что параметры ξ должны не назначаться априори искусственным подбором, а объективно рассчитываться в

области рациональных чисел (дробных, положительных, отрицательных) с учетом характерных признаков распределения результатов геофизических измерений. Предлагается соответствующая методология построения полиномиальных трендов с самоопределяющимися показателями и коэффициентами, включающая руководящий принцип их математической формализации, систематизацию таких трендов и методических приемов их расчетов, компьютерные программы практической реализации трендов. Основные положения методологии состоят в следующем.

Трендовый полином формируется с учетом аддитивного и мультипликативного взаимодействия функций Z . При аддитивном взаимодействии наличие интервала тренда, в пределах которого при частном изменении какого-либо j -аргумента величина тренда Y_T изменяется монотонно (возрастает или убывает), обусловлено объективно существующим закономерным влиянием и отображается в математической формуле трендового полинома соответствующим функциональным членом Z . В случае степенного полинома члены имеют вид $Z=AX^\mu$, а в случае показательного полинома, соответственно, $Z=Aa^{\beta x}$, где X – детерминированный аргумент, a – основание, β – коэффициент ($\xi = \beta$). При мультипликативном взаимодействии сочетание двух интервалов противоположной монотонности тренда в области экстремума (например, его возрастания и убывания) отображается в формуле трендового полинома произведением соответствующих разных функций $Z_1 Z_2$. Формула тренда представляется в виде суммы

$$Y_T = B + \sum_i \sum_j A_{ij} Z_{ij} + \sum_i \sum_v A_{iv} (Z_1 Z_2)_{iv},$$

где i – порядковый номер аргумента; j – номер интервала монотонности тренда вдоль i -аргумента, учтенный аддитивно; v – номер экстремума тренда, учтенного мультипликативно; B – постоянная составляющая; A_{ij}, A_{iv} – коэффициенты.

Коэффициенты и показатели степени, входящие в математическое выражение тренда, определяются по критерию максимума коэффициента его детерминации R^2 совместным применением МНК и специально разработанного в ИГД УрО РАН нового численного метода оптимизации – метода приближений параболической вершины (МППВ).

Суть МППВ изложена в работе [1], состоит в многократно повторяющейся и уточняющейся в k -приближениях аппроксимации экстремальной области m -мерной функциональной зависимости $R^2(\xi_1, \xi_2, \xi_3 \dots \xi_m)$ m -мерной параболической функцией R_{Π}^2

$$R_{\Pi}^2 = C_k + \sum_{j=1}^m (C_{j1k} \xi_j + C_{j2k} \xi_j^2),$$

имеющей при специально создаваемых условиях $C_{j2k} < 0$ единственный максимум, условно названный вершиной. Коэффициенты C рассчитываются по координатам опорных точек, принадлежащим зависимости R^2 . Опорные точки, имеющие наименьшее значение R^2 , заменяются с учетом необходимой коррекции $C_{j2k} < 0$ вновь образованными опорными точками, в которых показатели степени $\xi_{1ek}, \xi_{2ek}, \dots, \xi_{mek}$ рассчитываются по вершине параболической функции. В процессе приближений осуществляется последовательное приближение вершинной точки параболической функции к точке максимума коэффициента детерминации тренда. Таким образом, рассчитывается с заданной сколь угодно малой погрешностью совокупность оптимальных функциональных параметров тренда $\xi_1, \xi_2, \xi_3 \dots \xi_m$, при которой коэффициент его детерминации R^2 наибольший из всех возможных, оцениваемых МНК.

В соответствии с принятой концепцией построения трендов предлагается называть их трендами с самоопределяющимися показателями и коэффициентами (тренды СПК), а также классифицировать их, разделяя на типы по признакам количества аргументов и функциональных членов. Тип тренда представляется перечнем его аргументов с указанием в скобках после каждого из них обозначений ξ , пронумерованное количество которых равно количеству функциональных членов. Наиболее простые и часто используемые типы трендов СПК приведены в таблице.

В общем случае зависимость R^2 может содержать один, несколько одинаковых или разных по значениям экстремальных максимумов. Соответственно МППВ применяется в условиях широкой сходимости, так же широкой или локализованной сходимости в чередующихся ортогональных сечениях зависимости R^2 , набор которых составляет s -приближение. В процессе оптимизации в сечениях применяется одна или несколько базовых методик, которые можно классифицировать и систематизировать следующим образом. Для сокращенного обозначения базовой методики вводится соответствующая аббревиатура ЛМТ-к, где Л – локализованная; М – методика; t – число опорных точек; Т – точки; k – кратность применения базовой методики (по числу ортогональных сечений) в одном s -приближении. Обозначения методик, по которым рассчитываются тренды, представлены в таблице. Например, тренд типа $X(\mu_1, \mu_2)$ рассчитывается по методике МЗТ-2, содержащей в каждом s -приближении двукратно применяемую (в отдельных сечениях) одномерную методику с параболической аппроксимацией по трем опорным точкам, а тренд типа $X_1(\mu_{11})X_2(\mu_{21}, \mu_{22})$ рассчитывается по методике МЗТ-1, состоящей в s -приближении из двух базовых методик сечения, среди которых последовательно в одном сечении применяется двумерная параболическая аппроксимация по пяти опорным точкам, а в другом сечении применяется одномерная аппроксимация по трем опорным точкам. В случае регрессии трендом ППНР СК (см. таблицу) применяется методика ЛМЗТ-3, включающая стадию предварительной локализации областей аппроксимации и последующее трехкратное применение в s -приближениях методики с параболической аппроксимацией по трем опорным точкам.

Построение трендов на основе МППВ, по исполнению и количеству численных расчетов, намного проще, чем при использовании известных многомерных методов прямого поиска, градиентных или второго порядка, например, итерационных методов Ньютона-Гаусса или Левенберга-Марквардта, в которых задача оптимизации решается с помощью сложных матричных расчетов и коррекцией направления поиска в каждой из многочисленных итераций. Для сравнения отметим, что в большинстве практических случаев применения МППВ при определении показателей степени или коэффициентов по методике сечения МЗТ или МЗТ для достижения заданной погрешности расчетов требуется, соответственно, не больше 10 или 13 итераций. В институте горного дела УрО РАН разработана программа для ЭВМ, включающая пакет [2] и производящая на основе МППВ автоматическое построение на компьютере серии одномерных трендов СПК, приведенных в таблице. В программе предусмотрены функции автоматического и ручного ввода исходных данных, выбора типа тренда, расчета коэффициентов и показателей степени, а также отображения математических формул трендов, построение их графиков, сопряжения с внешними электронными носителями и программными пакетам, например, Microsoft Office Excel, по автоматическому вводу данных и выходу формул и графиков тренда.

Достоверность интерполяции в широких интервалах и экстраполяции трендами СПК значительно выше по сравнению с трендами, где показатели и коэффициенты априори заданы. Тем не менее, тип тренда может быть выбран однозначно лишь по заранее известным особенностям и свойствам искомой трендовой зависимости. Часто таких сведений нет, но имеются данные об относительной погрешности геофизических измерений, т. е. тех средств или методов, с применением которых получены (косвенно рассчитаны или непосредственно измерены) исходные значения зависимой величины. Тогда программой определяется тип ориентированного на указанную погрешность тренда. По введенной погрешности δ_{yi} рассчитывается коэффициент заданной детерминации R_3^2

$$R_3^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{yi} - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}$$

и программой выбирается, как наиболее достоверный, такой тип тренда, при котором абсолютная разность между коэффициентами R_3^2 и R^2 минимальная.

Таблица – Типы и соответствующие формулы полиномильных трендов СПК

m	Кол. экстремумов по направлению X_i	Тип тренда	Формула тренда	Методика определения показателей
Тренды полиномиальные степенные с самоопределяющимися показателями степени (тренды ПС СПС), $X > 0$				
1	0	$X(\mu)$	$Ax^\mu + B$	МЗТ-1
1	1	$X(\mu_1, \mu_2)$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{12}x_1^{\mu_{12}} + B$	МЗТ-2
1	2	$X(\mu_1, \mu_2, \mu_3)$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{12}x_1^{\mu_{12}} + A_{13}x_1^{\mu_{13}} + B$	МЗТ-3
2	0; 0	$X_1(\mu_{11})X_2(\mu_{21})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + B$	М5Т-1
2	0; 1	$X_1(\mu_{11})X_2(\mu_{21}, \mu_{22})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + A_{22}x_2^{\mu_{22}} + B$	М5Т-1, МЗТ-1
2	1; 1	$X_1(\mu_{11}, \mu_{12})X_2(\mu_{21}, \mu_{22})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{12}x_1^{\mu_{12}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + A_{22}x_2^{\mu_{22}} + B$	М5Т-2
3	0; 0; 0	$X_1(\mu_{11})X_2(\mu_{21})X_3(\mu_{31})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + A_{31}x_3^{\mu_{31}} + B$	М7Т-1
3	0; 0; 1	$X_1(\mu_{11})X_2(\mu_{21})X_3(\mu_{31}, \mu_{32})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + A_{31}x_3^{\mu_{31}} + A_{32}x_3^{\mu_{32}} + B$	М7Т-1, МЗТ-1
3	0; 1; 1	$X_1(\mu_{11})X_2(\mu_{21}, \mu_{22})X_3(\mu_{31}, \mu_{32})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + A_{22}x_2^{\mu_{22}} + A_{31}x_3^{\mu_{31}} + A_{32}x_3^{\mu_{32}} + B$	М7Т-1, М5Т-1
3	1; 1; 1	$X_1(\mu_{11}, \mu_{12})X_2(\mu_{21}, \mu_{22})X_3(\mu_{31}, \mu_{32})$	$A_{11}x_1^{\mu_{11}} + A_{12}x_1^{\mu_{12}} + A_{21}x_2^{\mu_{21}} + A_{22}x_2^{\mu_{22}} + A_{31}x_3^{\mu_{31}} + A_{32}x_3^{\mu_{32}} + B$	М7Т-2
Тренды полиномиальные показательные с самоопределяющимися коэффициентами в показателях степени (тренды ПП СК)				
1	0	$X(\beta)$	$Aa^{\beta X} + B$	МЗТ-1
1	0, 1	$X(\beta_1, \beta_2)$	$A_1 a^{\beta_1 X} + A_2 a^{\beta_2 X} + B$	МЗТ-2
Тренд полиномиальный показательный и нормально распределенный с самоопределяющимися коэффициентами (тренд ППНР СК), $\sigma > 0$				
1	1	$X(\beta, \bar{x}, \sigma)$	$A_1 e^{\beta x} + A_2 \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} + B$	ЛМЗТ-3
Тренд полиномиальный асимметричного распределения с самоопределяющимися основанием и показателем степени (тренд ПАР СП), $a > 1, \mu > 0$				
1	1	$X(a, \mu)$	$A(x a^{-x})^\mu + B$	ЛМЗТ-2

Интерпретационные возможности и эффективность применения трендов СПК проиллюстрированы на рисунке 1, где приведены их математические выражения и графики, полученные в некоторых практических примерах. Исходные данные (точки), принятые для построения регрессии, обведены окружностями. В случаях *a*, *b*, *в* проведены тренды ПС СПС. На фрагменте *a* показано уравнение регрессии типа $X(\mu)$, выражающее градуировочную зависимость содержания в руде меди C_{Cu} от рабочего отсчета η рентгеновского анализатора. Зависимость установлена по выборке результатов измерений на эталонных пробах руды. В примере *б* по некоторым данным геотермической модели Земли РЕМ-С, взятым для разных глубин H земной коры, рассчитана зависимость типа $X(\mu_1, \mu_2)$,

показывающая закономерность изменения коэффициента теплопроводности λ горных пород по мере увеличения глубины.

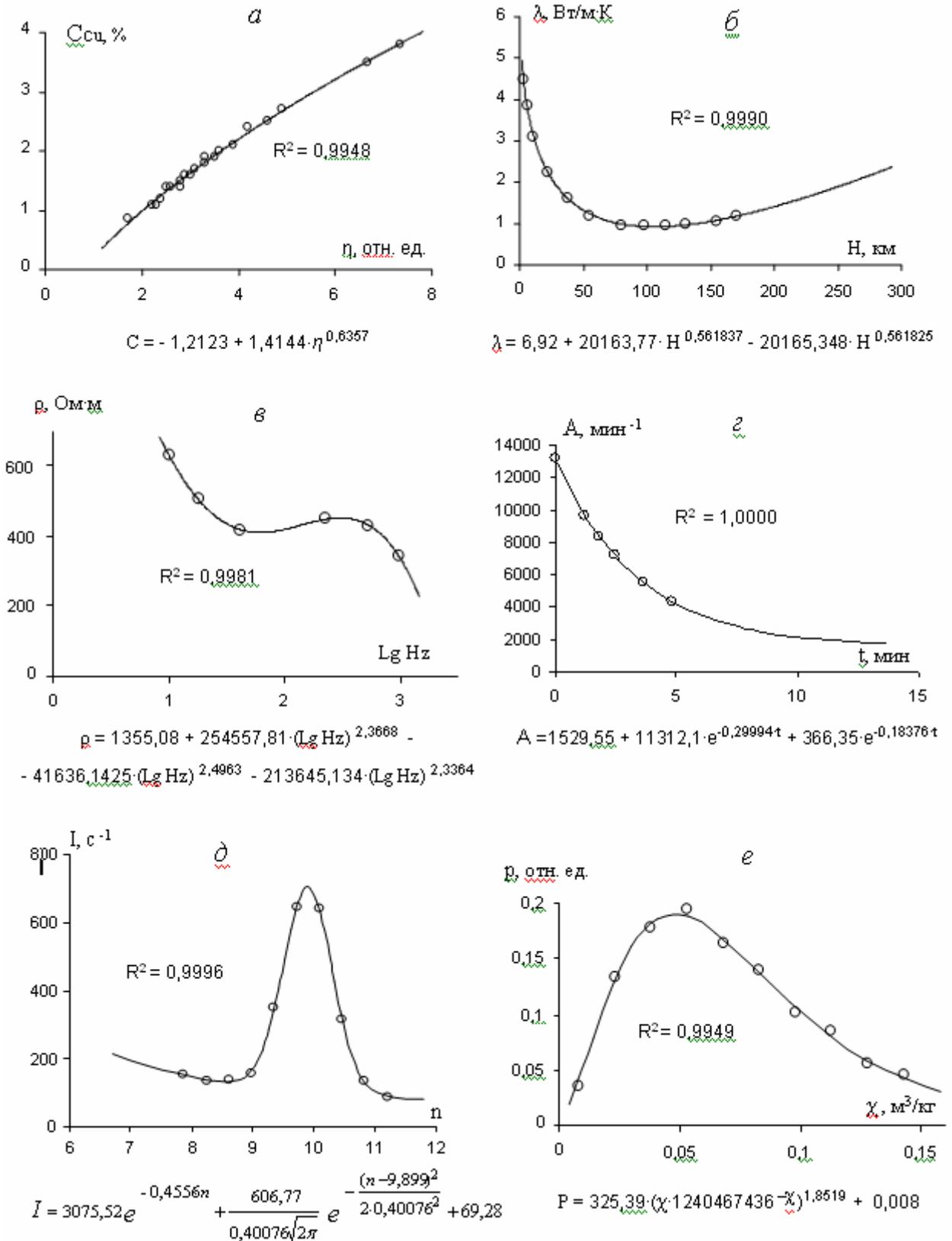


Рисунок 1 – Математические выражения и графики некоторых трендов СПК

В примере *в* проведен тренд типа $X(\mu_1, \mu_2, \mu_3)$, отражающий частный случай зависимости кажущегося сопротивления ρ горной породы от логарифма частоты $Lg \text{ Hz}$ излучения в индукционной электроразведке. В примере *г* по данным паузных по времени t

измерений наведенной радиоактивности A алюмосиликатной горной породы проведен тренд ПП СК. В предположении, что радиоактивность обусловлена излучением двух быстро распадающихся нуклидов и постоянным фоном, выбрано регрессионное уравнение типа $X(\beta_1, \beta_2)$, в котором в качестве основания показательных функций принято число e . В полученном уравнении регрессии радиоактивность перечисленных источников излучения парциально разделена. Установлена идентификация нуклидов по значениям постоянной распада: $0,29994 \text{ мин}^{-1}$ (нуклид алюминий-28) и $0,18376 \text{ мин}^{-1}$ (нуклид магний-27). В примере δ приведено уравнение регрессии ППНР СК типа $X(\beta, \bar{X}, \sigma)$, построенное по результатам дискретных измерений интенсивности излучения I руды в n -каналах спектрометра. Предполагается, что спектральная фоновая интенсивность излучения может быть выражена в виде суммы показательной функции и постоянной составляющей, а интенсивность излучения спектральной линии рудного химического элемента рассеяна по закону нормального распределения. По математическому выражению полученного тренда установлено положение спектральной линии 9,899 на оси абсцисс. Среднее квадратичное отклонение аргумента при рассеянии ее излучения составляет 0,40076. На фрагменте e графически показана вероятность p распределения магнитной восприимчивости χ в образцах железорудной горной породы. На основе дискретного распределения, составленного по результатам выборочных измерений магнитной восприимчивости, проведен тренд ПАР СП типа $X(a, \mu)$, в котором рассчитано: $a = 1240467436$, $\mu = 1,8519$.

В заключении отметим, что тренды СПК, кроме области геофизики, можно применять в других областях промышленности, науки и техники, где в качестве зависимой величины рассматриваются величины математические, физические, или разные параметры и показатели, например, социологические, технические, экономические.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В.А. Геоинформационное определение и построение достоверных полиномиальных степенных трендов нового типа СПС / В.А. Антонов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2009. - № 3. - С. 53 - 65.
2. Антонов В.А. Полиномиальные степенные тренды с самоопределяющимися показателями степени (тренды ПС СПС): программа для ЭВМ, Российская Федерация; регистр. номер 2009611347 / В.А. Антонов, М.В. Яковлев; ИГД УрО РАН.- Екатеринбург, 2009.

УДК 550.837

Некоторые результаты электроразведочных работ на Парнокском железомарганцевом месторождении

*П.Ф. Астафьев, В.С. Вишнев, А.Г. Дьяконова, А.Д. Коноплин,
А.И. Сарвартинов, М.А. Соседков, О.В. Сурина
Институт геофизики УрО РАН, г. Екатеринбург,*

Парнокское железомарганцевое месторождение расположено в предгорных районах южной части Полярного Урала, в среднем течении р. Парнока-Ю (верховья р. Лемвы) в 75 км юго-восточнее города Инты (рис. 1). Оно открыто в 1987 году Грубеинской партией ГПП "Полярноуралгеология" под непосредственным руководством М.А. Шишкина при геологическом изучении территории Республики Коми [1]. По представлениям [1] развитые в районе исследований осадочные толщи представлены глубокоководными фациями Лемвинской структурно-формационной зоной, характеризующейся "чешуйчато-надвиговым" строением. Было выделено два основных покрова Грубеинский и Хайминский, которые считались самостоятельными аллохтонами. При чем в каждом из покровов наблюдались фациальные различия одновозрастных стратиграфических подразделений, указывающих на то, что разные покровы представляли собой первоначально удаленные друг от друга участки бассейна седиментации, впоследствии совмещенные при шарьировании [1]. В структурном

отношении Хайминский покров представлялся опрокинутой антиклиналью, а большая часть рудных тел эродированной. Наиболее перспективными для промышленного освоения были выделены участки Магнитный- 1, Магнитный- 2, Усть-Пачвожский, Восточный и Дальний (рис. 1). Рудопроявления относятся к гидротермально-осадочному типу.

Однако, проведенными в последующие годы ОАО “Марганец - Коми” буровыми и горными работами сложившаяся модель геологического строения рассматриваемого района во многом не подтверждается. В частности, в ходе горных работ при детальной разведке участка Магнитный-1 была вскрыта область развития шарьяжных зон Хайминского надвига и его опережающих структур, признаков тектонического смещения пород в горизонтальном направлении значимой амплитуды выявлено не было.

В качестве альтернативной гипотезы Н.А.Зыкиным в 2004 г. предложена модель пликативного строения района [2], что существенно меняет представление о геологии и генезисе месторождения. По результатам исследований 1995 - 2004 гг. им высказано предположение о принадлежности Парнокского месторождения к Елецкой структурно-формационной зоне. Установлено последовательное залегание кембрийско-верхнедевонских образований. Выявлена приуроченность рудных горизонтов к стратиграфическим перерывам. Обнаружено развитие двух стратиграфических уровней с марганцевой минерализацией-ордовикский и девонский, в т.ч. девонский уровень выделен в районе впервые. Генезис железомарганцевых тел отнесен к осадочному типу. Структура месторождения представляется синформой с запрокинутыми к северо-западу крыльями. Данная модель позволяла прогнозировать, в случае ее подтверждения, многократное увеличение общих ресурсов Парнокского месторождения и, следовательно, требовала проведения дополнительных геофизических, буровых геохимических и других исследований. В связи с этим, ОАО Челябинский электромеханический комбинат в рамках хоздоговора предложил Институту геофизики УрО РАН провести геофизические исследования методами индуктивной электроразведки с целью изучения глубинной структуры геологического разреза по ряду профилей и сети, предложенных заказчиком.

Работы выполнялись в летне-осенний период 2008 года. Для изучения глубинной структуры использовалось аудиоманнитотеллурическое зондирование (АМТЗ), а до глубин 20÷30 метров – индукционное электромагнитное зондирование (ИЭМЗ) с искусственным источником поля (магнитный диполь). В методе АМТЗ регистрируются электромагнитные сигналы грозового происхождения (атмосферики). Известно, что на земном шаре одновременно происходят 1800 тропических гроз, вызывающих около 100 молниевых разрядов в 1 сек. Их энергия различной мощности распространяется по волноводу Земля-ионосфера. Для атмосфериков характерен непрерывный спектр колебаний, высокая однородность поля, что обеспечивает возможность проведения зондирования в любое время суток в любом месте. Источник поля аппроксимируется плоской волной. Метод АМТЗ обладает повышенной глубиной и характеризуется хорошей разрешающей способностью.

Работы проведены на 5 профилях с шагом 200 м и со сгущением сети до 100 м в местах наиболее значимых для истолкования геологических представлений (рис. 1). Общая протяженность профилей около 20 км (120 ф.н.). Во всех пунктах зондирования определялись координаты частично с использованием системы геопозиционирования (GPS-Garmin 12), частично с помощью встроенного приемника (аппаратура “Феникс”).

В методе АМТЗ использовались станции GMS-06 (“Метроникс”) и MTU-5A (“Феникс”) с программным обеспечением, позволяющим проводить обработку полученных записей магнитотеллурического поля с использованием стандартных приемов: спектральный анализ записей (быстрое преобразование Фурье), вычисление взаимных и собственных спектров поля, передаточных функций, коэффициентов когерентности. Программа обработки позволяет регулировать количество точек быстрого преобразования Фурье, использовать способ накопления данных, подавлять импульсные помехи и производить отбраковку

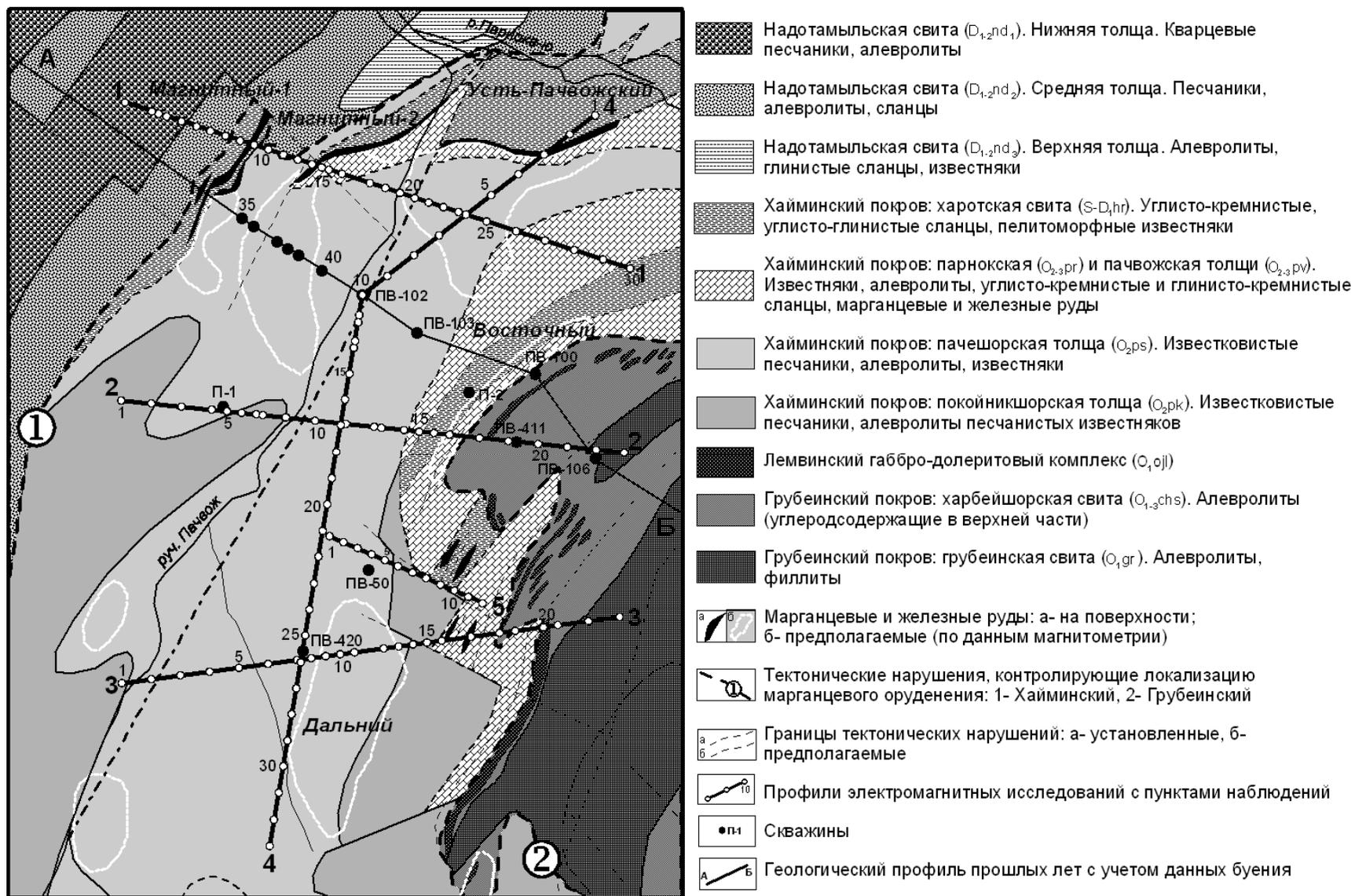


Рис. 1. Схема расположения профилей электромагнитного зондирования с элементами структурно-тектонического строения Парнокского месторождения (по материалам [1])

искаженных записей поля в интерактивном режиме. Все это в совокупности позволило получить кондиционные материалы в большинстве пунктов зондирования.

В методе ИЭМЗ определение удельного электрического сопротивления среды основано на использовании табулированной зависимости отношения вертикальной (H_z) к радиальной (H_r) магнитной компоненте поля от волнового параметра установки P [3].

При интерпретации результатов геоэлектрики в неоднородных или многослойных средах в силу влияния принципа эквивалентности нами разработан достаточно деликатный многоэтапный подход, сущность которого сводится к следующему. Вначале с использованием различных сервисных программ строятся альтернативные варианты разрезов, основанные на решении обратной задачи в горизонтально-слоистой среде. Это стартовые варианты. Они показывают, как отражаются региональные и локальные особенности геоэлектрической среды на той или иной поляризации теллурического поля. Согласно полученным кривым ρ_k по профилям 2,3,4,5 в большинстве пунктов наблюдается устойчивая региональная субширотная (“уральская”) поляризация теллурического тока и только на профиле 1 она сменяется на субмеридиональную, характерную для Предуралья и Восточно-Европейской платформы. Поэтому на профилях 2÷5 субмеридиональные продольные кривые (X), что в двумерных моделях соответствует E поляризованному полю, являются наименее искаженными. Данному условию по профилю 1 отвечают субширотные (Y) кривые ρ_k . Выбранные кривые использовались для построения разрезов по всем профилям. Выполнен большой объем численного моделирования электромагнитных полей с построением альтернативных разрезов. Очевидно, что наибольшей информативностью обладают 1D частные модели, в которых отражается тонкая структура разреза. На заключительной стадии моделирования нами использовалась автоматизированная инверсионная программа 1D Л.Н. Пороховой, которая позволяет определять параметры геоэлектрического разреза, исходя из предположения о градиентном изменении сопротивления с глубиной и *без привлечения априорной информации о среде*. Это является существенным моментом, поскольку позволяет сопоставлять полученную информацию с другими независимыми геолого-геофизическими данными. Разрезы построены в 4-х вариантах: от 10 м ÷ 100 м, 10 м ÷ 1 км, 10 м ÷ 2,5 км, 10 м ÷ 10 км. В данной работе для примера приведены разрезы до глубины 2,5 км [2], которые характеризуют расслоенность среды по электрическим параметрам. Не останавливаясь на деталях геоэлектрических объектов, имеющих самостоятельное значение, в том числе для поисково-разведочных работ, следует отметить главную особенность Парнокской площади.

Верхняя часть разрезов, включающая почвенный слой и кору выветривания пород до глубин 20 и более метров, характеризуется сопротивлением 10 ÷ 100 Ом·м. Глубже в разрезах фрагментарно присутствуют высокоомные образования (1000 ÷ 10000 и более Ом·м) до глубин порядка 3 км, которые подстилаются осадочными и терригенно-осадочными образованиями до глубины 10 км и возможно глубже, с присутствием электропроводящих включений ($\rho < 1$ Ом·м). Намечается связь между структурно-тектоническим строением Парнокской площади по геологическим данным (обнажения, горные выработки и неглубокие скважины) и особенностями глубинного геоэлектрического строения территории, включая зоны трещиноватости и повышенной обводненности (разломы). Особенно это относится к верхней части разрезов, представленных высокоомными образованиями (известняки, печаники и др.), что свидетельствует о блоковости строения Парнокской площади. Отдельные блоки смещены относительно друг друга на 700÷800 м и более.

Таким образом, результаты проведения электромагнитных исследований позволяют сделать следующие основные выводы:

– полученные результаты выполненных исследований требуют корректировки геологической модели пликативного строения Парнокской площади;

– внедрение в практику геологоразведочных работ метода АМТЗ открывает новые перспективы для изучения верхних горизонтов земной коры с последующим выходом на рудную специализацию.

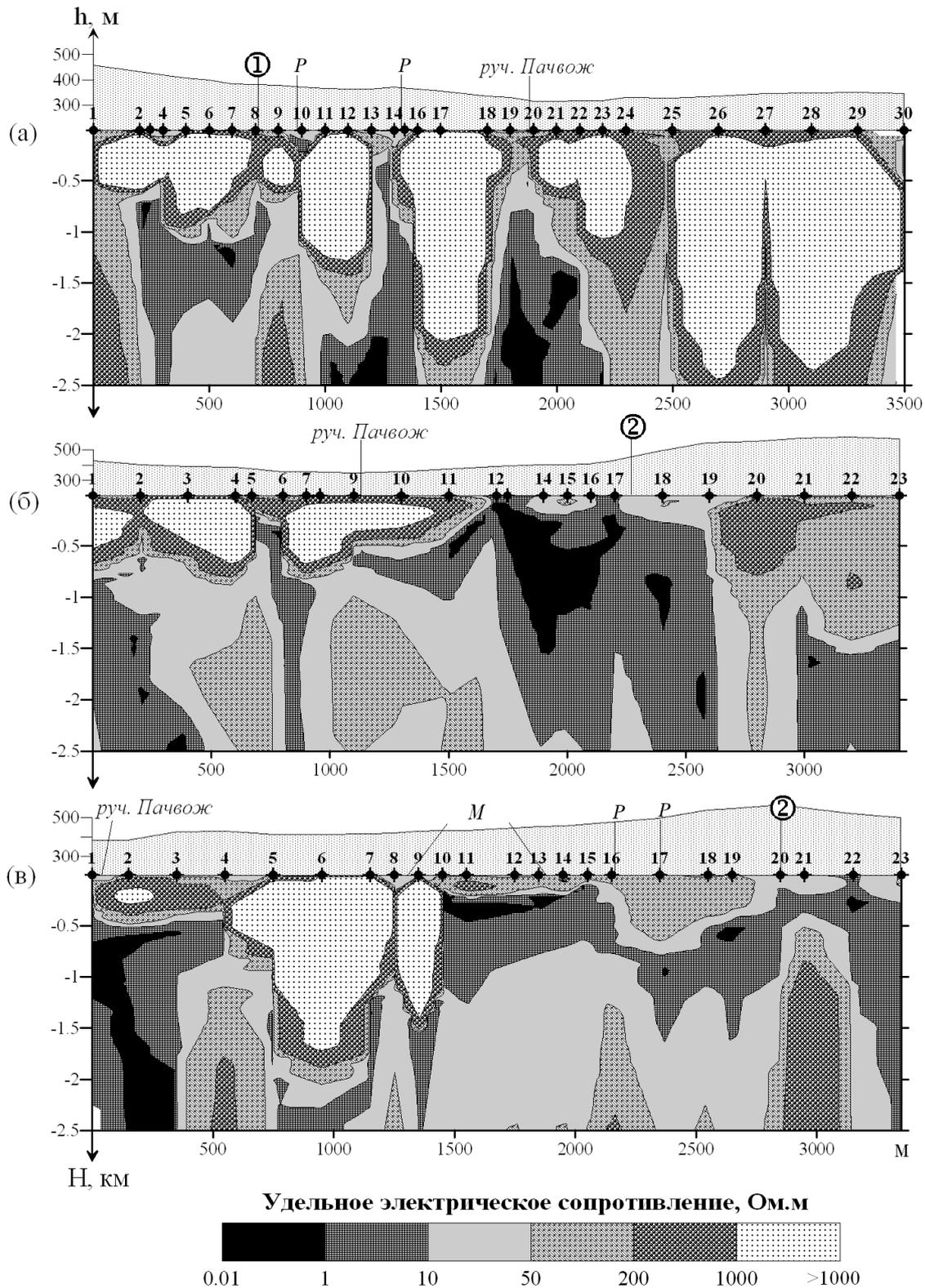


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы по профилям: а – 1; б – 2; в – 3.

Разломы: Хайминский– ①, Грубеинский– ②; *P* – рудные залежи вблизи дневной поверхности; *M* – магнитная аномалия

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин М.А. и др. Поисковые и поисково – разведочные работы на марганец на Пачвожской перспективной площади. // Отчет Пачвожской ГРП за 1988 – 1995 г.г. Воркута, 1995.
2. Зыкин Н.А. Геологические условия формирования и генезис руд парнокского железомарганцевого месторождения (Полярный Урал). // Автореф. дисс. канд. геол. – мин. наук. М.: МГУ, 2004.
3. Коноплин А.Д., Астафьев П.Ф., Вишнев В.С., Дьяконова А.Г. Некоторые результаты детальных региональных исследований Южного Урала по данным индукционных и магнитотеллурических зондирований. // Теория и практика геоэлектрических исследований: [Сб. науч. трудов. Вып. 2.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2000.

УДК 551.2, 528.22

Объяснение вековых вариаций силы тяжести на станциях Нью-Йорк-Олесунн, Медисин, Черчилл и Сайова

Ю.В. Баркин, Tel. 495-939-50-24, Fax. 495-939-88-41, e-mail: barkin@inbox.ru

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

Аннотация. На основе геодинамической модели вынужденных относительных смещений центров масс ядра и мантии Земли изучены вариации силы тяжести и высот ряда гравиметрических станций на поверхности Земли. При учете векового дрейфа центра масс Земли, вызванного однонаправленным дрейфом ядра Земли дано полное объяснение наблюдаемым вековым вариациям силы тяжести на станциях Нью-Йорк-Олесунн (Норвегия), Медисин (Италия), Черчилл (Канада) и Сайова (Антарктида). Расчетные и наблюдаемые значения вариаций силы тяжести составили: на станции Нью-Йорк-Олесунн $-(2.17 \pm 0.03)$ $\mu\text{Гал/год}$ и $-(2.5 \pm 0.9)$ $\mu\text{Гал/год}$; на станции Черчилл $-(2.22 \pm 0.28)$ $\mu\text{Гал/год}$ и $-(2.13 \pm 0.23)$ $\mu\text{Гал/год}$; на станции Медисин $+(2.20 \pm 0.20)$ $\mu\text{Гал/год}$ и $+(1.9 \pm 0.1)$ $\mu\text{Гал/год}$; на станции Сайова $-(0.76 \pm 0.09)$ $\mu\text{Гал/год}$ и -0.56 $\mu\text{Гал/год}$. Для широкого списка гравиметрических станций получены теоретические значения вековых вариаций силы тяжести и высот станций, обусловленных дрейфом ядра Земли (ее центра масс).

1. Вековой дрейф центра масс ядра и центра масс Земли. Вековой дрейф центра масс Земли к северу по отношению к специальному центру O на оси вращения Земли, для которого коэффициент третьей зональной гармоники J_3' обращается в нуль, был предсказан в работе автора [1]. Направление дрейфа по направлению к географической точке (полюсу P) $70^\circ 0' \text{ N}$ и $104^\circ 3' \text{ E}$ было установлено впервые теоретически [2] – в результате анализа глобального направленного перераспределения масс Земли. В [1] скорость дрейфа была оценена в 1-2 см/год. Для указанного центра O фигура планеты как бы лишена грушевидности ($J_3' = 0$). И в этом смысле точка может быть условно сопоставлена геоцентру Земли, определяемому по положению станций спутниковых наблюдений, как центр определенной мантийной системы координат $O_{\text{хуз}}$ на заданную эпоху. Для объяснения такого значительного дрейфа центра масс Земли был предложен механизм однонаправленного смещения ядра Земли относительно вязкоупругой мантии. В последующие годы неоднократно предпринимались попытки определения скорости векового дрейфа центра масс по отношению к мантийной системе координат методами космической геодезии на основе высокоточных спутниковых наблюдений. В работе [3] для определения тренда центра масс использовались данные спутниковых наблюдений системы ДОРИС. Для составляющих скорости дрейфа в геоцентрической гринвичской системе координат были получены оценки: по координате x) -1.46 мм/год, y) 0.79 мм/год и z) 5.29 мм/год. Скорость тренда центра масс Земли и его направление характеризуются значениями: 5.54 мм/год;

широта $72^{\circ}6' N$; долгота $118^{\circ}4' E$. Направление смещения центра масс хорошо согласуется с предсказанным ранее теоретически [2], [4]: широта $70^{\circ}0' N$; долгота $104^{\circ}3' E$.

2 Вековой дрейф ядра к северу и вариации силы тяжести на поверхности Земли.

Смещающееся ядро Земли обладает колоссальной избыточной массой примерно в 17 масс Луны. Избыточная масса определяется контрастными значениями средних плотностей ядра и мантии и составляет 19.32% массы всей Земли. При смещении ядра относительно вязкоупругой мантии его избыточная масса вызывает наблюдаемый дрейф центра масс, а также приводит к изменениям силы тяжести на поверхности планеты. Кроме этого гравитационное притяжение смещающегося ядра вызывает деформации всех слоев мантии, включая поверхностный слой. Деформированная мантия создает дополнительный гравитационный потенциал, который дает дополнительный вклад в значение силы тяжести. Деформация поверхности также приводит к дополнительной вариации силы тяжести. С учетом всех отмеченных факторов для вековой вариации силы тяжести можно записать следующее аналитическое выражение [2], [5]:

$$\dot{g} = 2g \frac{\Delta m_c}{m_{\oplus}} (1 - h_2 - 0.5k_2) \frac{\dot{\rho}}{r_{\oplus}} \sin \Theta, \quad \Delta m_c = 0.1932m_{\oplus} \quad g = 9.82022 \text{ m/s}^2, \quad (1)$$

где $\Delta m_c = 0.1932m_{\oplus}$ - избыточная масса ядра Земли в массах Земли m_{\oplus} . g - ускорение свободного падения. k_2 и h_2 числа Лява порядка (-2). $\dot{\rho}$ - скорость дрейфа центра масс ядра относительно центра масс мантии. Θ - угол между направлением на полюс Р, по направлению к которому дрейфует ядро Земли (или ее центр масс), и на заданную гравиметрическую станцию. Для грубых оценок гравиметрических эффектов в качестве полюса Р принимался северный полюс Земли. При этом $\Theta = \pi/2 - \varphi$ есть дополнение до широты. При более точном описании дрейфа ядра (или центра масс) угол Θ определяется формулой: $\cos \Theta = \cos \varphi_p \cos \varphi \cos(\lambda_p - \lambda) + \sin \varphi_p \sin \varphi$, где φ_p и λ_p - широта и долгота полюса Р. Числа Лява впервые были оценены в работе [5]: $k_2 = -0.005004$ и $h_2 = 0.0062154$. Значит, описанные выше эффекты вносят малые коррективы в вариацию силы тяжести. Приближенно можно положить $\dot{\rho} m_{\oplus} = \Delta m_c \dot{r}_c$, где \dot{r}_c - скорость дрейфа центра масс Земли. Тогда пренебрегая малыми эффектами для вариации силы тяжести (1) получаем выражение: $\dot{g}_r = 2\dot{r}_c g \sin \Theta / r_{\oplus}$. Опираясь на результаты работ [2], [3], примем в качестве рабочих значения параметров дрейфа центра масс: $\dot{r}_c = 5.54$ мм/год, $\varphi_p = 70^{\circ}0' N$, $\lambda_p = 104^{\circ}3' E$ (погрешностями в определении этих характеристик в данной работе будем пренебрегать). Смещение центра масс Земли приводит к эффекту медленного изменения высоты: $\dot{h} = -\dot{\zeta}_c \cos \Theta = -5.54 \cdot \cos \Theta$ мм/уг. Гравитационное притяжение смещающегося ядра приводит также к эффекту возрастания горизонтальной составляющей силы притяжения Земли, направленной к северу вдоль соответствующего меридиана с полюсом Р. Для любой точки поверхности Земли эта составляющая определяется формулой $\dot{g}_{\varphi} = \dot{r}_c g \sin \Theta / r_{\oplus}$ и имеет положительное значение (табл.1). Причем максимальные значения \dot{g}_{φ} достигаются на экваторе, плоскость которого ортогональна оси дрейфа ядра OP . Таким образом, окончательные рабочие формулы для изучения вековых вариаций составляющих силы гравитационного притяжения Земли и для вариации высот, обусловленных дрейфом центра масс Земли принимают вид:

$$\dot{g}_r = 1.74 \sin \Theta / r_{\oplus} \text{ (}\mu\text{Гал/год)}, \quad \dot{g}_{\varphi} = 0.87 \sin \Theta / r_{\oplus} \text{ (}\mu\text{Гал/год)}, \quad \dot{h} = -5.54 \cos \Theta / r_{\oplus} \text{ (мм/год)}. \quad (2)$$

Расчетные значения гравиметрических характеристик (2) для широкого списка гравиметрических станций приведены в табл. 1.

Таблица 1. Список основных гравиметрических станций (номер, сокращенные обозначения, названия, страна). φ и λ - географические координаты станций в градусах. Θ - угол между направлениями на полюс P, к которому происходит вековой дрейф центра масс Земли в базовой геоцентрической системе координат, задаваемой спутниковой геодезией. Полюс P расположен в районе полуострова Таймыр и имеет географические координаты: $\varphi_p = 70^{\circ}0' N$, $\lambda_p = 104^{\circ}03'$. В таблице 1 \dot{g}_r - скорость изменения силы тяжести в микрогаллах за год ($\mu\text{Гал/год}$). \dot{g}_φ - скорость изменения меридиональной составляющей силы притяжения, направленной к полюсу P (1 ед.= $\mu\text{Гал/год}$). \dot{h} - вековая вариация высоты станции по отношению к дрейфующему центру масс Земли (1 ед.= мм/год). Указаны также английские названия станций, их обозначения, места расположения, значения северной географической широта φ и восточной долготы λ даны в градусах.

N	Аб.	Станция	Расположение	Широта	Долгота λ	Θ	\dot{g}_r	\dot{h}	\dot{g}_φ
1	NY	Ny-Alesund	Norway	78.9306	11.8672	23.16	1.60	-5.09	0.336
2	ME	Metsahovi	Finland	60.2172	24.3958	32.29	1.47	-4.68	0.456
3	MG	MunGyung	S. Korea	36.6402	128.2147	35.74	1.41	-4.50	0.499
4	ES	Esashi	Japan	39.1511	141.3318	36.39	1.40	-4.46	0.507
5	MO	Moxa	Germany	59.6447	11.6156	36.60	1.40	-4.45	0.509
6	KA	Ramioka	Japan	36.4250	137.3100	37.93	1.37	-4.37	0.525
7	MA	Matsuchiro	Japan	36.5430	138.2070	38.04	1.37	-4.36	0.526
8	KY	Kyoto	Japan	35.0278	135.7858	38.90	1.35	-4.31	0.536
9	WU	Wuhan	China	30.5159	114.4898	39.90	1.34	-4.25	0.548
10	IN	Derhadun	India	30.3170	78.0660	42.34	1.29	-4.10	0.575
11	PE	Pecny	Czech Rep.	49.9170	14.7830	43.88	1.25	-3.99	0.592
12	VI	Vienna	Austria	48.2493	16.3579	44.83	1.23	-3.93	0.602
13	WE	Wetzell	Germany	49.1440	12.8780	45.16	1.23	-3.91	0.606
14	BH	Bad Homburg	Germany	50.2285	8.6113	45.53	1.22	-3.88	0.609
15	MB	Membach	Belgium	50.6093	6.0066	45.98	1.21	-3.85	0.614
16	HS	Hsinchu	Taiwan	24.7890	120.9710	46.26	1.20	-3.83	0.617
17	WA	Walferdange	Luxemburg	49.6650	6.1530	46.77	1.19	-3.80	0.622
18	ST	Strasbourg	France	48.6217	7.6838	47.23	1.18	-3.76	0.627
19	MC	Medicina	Italy	44.5219	11.6450	49.64	1.13	-3.59	0.651
20	CA	Cantley	Canada	45.5850	284.1929	64.42	0.75	-2.39	0.770
21	SS	Sunspot NM	USA	32.7660	-105.8200	74.94	0.45	-1.44	0.825
22	BA	Bandung	Indonesia	-6.8964	107.6317	76.64	0.40	-1.28	0.831
23	AU	Austin	USA	30.2900	-97.7400	78.45	0.35	-1.11	0.837
24	CB	Canberra	Australia	-35.3206	149.0077	110.18	-0.60	1.91	0.802
25	TA	Tahiti	France	-17.5769	-149.6063	111.97	-0.65	2.07	0.792
26	BR	Manaus	Brasil	-3.0100	-60.0000	112.22	-0.66	2.10	0.791
27	SU	Sutherland	S. Africa	-32.3814	20.8109	118.10	-0.82	2.61	0.753
28	SY	Syowa	Antarctica	-69.0067	39.5857	145.59	-1.44	4.57	0.483
29	TC	Concepcion	Chile	-36.8437	286.9745	146.81	-1.46	4.64	0.468
30	TI	Tidbinbilla	Australia	-34.4408	148.9422	109.32	-0.58	1.83	0.821
31	CH	Churchill	Canada	58.767	-94.167	50.56	1.11	-3.52	0.672

3 Объяснение наблюдаемых вековых вариаций силы тяжести и высот на гравиметрических станциях.

Станция Нью-Йорк-Олесунн (Ny-Alesund, Норвегия) имеет географические координаты: $78^{\circ}09' N$, $11^{\circ}07' E$. Четырехкратные измерения силы тяжести на трех различных абсолютных гравиметрах при станции Нью-Йорк-Олесунн позволили довольно уверенно определить ее медленное убывание -2.5 ± 0.9 $\mu\text{Гал/год}$ в период 1998-2002 [6]. Этому значению можно сопоставить увеличение высоты станции со скоростью $+7.96 \pm 2.87$ мм/год. Однако спутниковые определения вековой вариации высоты для указанного периода дают значение $+(6.9 \pm 0.9)$ мм/год. Это служит указанием на возможное существование другого механизма вариаций высоты и силы тяжести при станции Нью-Йорк-Олесунн. Этим механизмом является гравитационное притяжение смещающегося ядра и соответствующая

деформация поверхности. Медленное приближение ядра к станции Нью-Йорк-Олесунн вызывает положительную вариацию силы тяжести $1.60 \mu\text{Гал/год}$ и отрицательную вариацию высоты станции -5.09 мм/год (Табл. 1). Эти данные свидетельствуют о деформации поверхности Земли в районе станции со скоростью $+11.99 \text{ мм/год}$, вследствие которой сила тяжести испытывает отрицательную вариацию $-3.77 \pm 0.09 \mu\text{Гал/год}$. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и от деформации поверхности, получаем отрицательное значение $-(2.17 \pm 0.03) \mu\text{Гал/год}$, что в пределах погрешностей согласуется с наблюдаемым значением $-(2.5 \pm 0.9) \mu\text{Гал/год}$.

Станция Черчилл (Churchill, Канада) имеет географические координаты $58^{\circ}77' N$, $-94^{\circ}17' E$. Измерения силы тяжести на абсолютных гравиметрах позволили довольно уверенно определить ее отрицательный линейный тренд $-(2.13 \pm 0.23) \mu\text{Гал/год}$. Этому значению соответствует увеличение высоты станции со скоростью $+(6.78 \pm 0.73) \text{ мм/год}$. Спутниковые наблюдения позволили выявить вековое возрастание коры в районе станции со скоростью $+(10.6 \pm 0.9) \text{ мм/год}$. Эта составляющая изменения высоты - деформация поверхности - определяет вариацию силы тяжести $-(3.33 \pm 0.28) \mu\text{Гал/год}$. Существенное различие в приведенных скоростях, в $-(3.82 \pm 1.63) \mu\text{Гал/год}$, служит указанием на гравитационное влияние смещающегося ядра Земли при станции Churchill. В этом случае медленное приближение ядра к станции Churchill вызывает положительную вариацию силы тяжести $1.11 \mu\text{Гал/год}$ и отрицательную вариацию высоты станции -3.52 мм/год (Табл. 1). Таким образом оба фактора: деформация поверхности и притяжение смещающегося ядра приводят к вариации силы тяжести $-(2.22 \pm 0.28) \mu\text{Гал/год}$, что в пределах ошибок совпадает с наблюдаемой вариацией силы тяжести $-(2.13 \pm 0.23) \mu\text{Гал/год}$ за период наблюдений 1987-2001 гг. с помощью абсолютных гравиметров [7].

Станция Медисин (Medicine, Италия) имеет географические координаты: $44^{\circ}52' N$, $11^{\circ}65' E$. Измерения силы тяжести в период 1999-2002 гг. на абсолютных гравиметрах позволили довольно уверенно определить ее положительный линейный тренд $+(1.9 \pm 0.1) \mu\text{Гал/год}$ [8]. Этому значению можно сопоставить уменьшение высоты станции со скоростью $-(6.05 \pm 0.32) \text{ мм/год}$. Спутниковые определения вековой вариации высоты для указанного периода дают значение $-(7.0 \pm 0.2) \text{ мм/год}$. Медленное приближение ядра к станции Медисин вызывает положительную вариацию силы тяжести $+1.13 \mu\text{Гал/год}$ и отрицательную вариацию высоты станции -3.59 мм/год (Табл. 1). Эти данные свидетельствуют о деформации поверхности Земли в районе станции со значительной скоростью $-(3.41 \pm 0.20) \text{ мм/год}$, вследствие которой сила тяжести испытывает положительную вариацию $+(1.07 \pm 0.06) \mu\text{Гал/год}$. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и деформации поверхности, получаем значение $+(2.20 \pm 0.20) \mu\text{Гал/год}$, что в пределах ошибок согласуется с наблюдаемым значением $+(1.9 \pm 0.1) \mu\text{Гал/год}$.

Станция Сайова (Syowa, Антарктида) имеет географические координаты: $69^{\circ}01' S$, $39^{\circ}59' E$. Измерения силы тяжести на абсолютных гравиметрах позволили довольно уверенно определить ее медленный тренд $-0.56 \mu\text{Гал/год}$ в период 1999-2002 [9]. Этому значению можно сопоставить увеличение высоты станции со скоростью $+1.78 \text{ мм/год}$. Спутниковые определения вековой вариации высоты для периода 1999-2004 дают значение $+(2.4 \pm 0.3) \text{ мм/год}$. Приходим к выводу, что гравитационное притяжение смещающегося ядра вносит определенные коррективы в указанные значения. Так медленное удаление ядра от станции Сайова вызывает отрицательную вариацию силы тяжести $-1.44 \mu\text{Гал/год}$ и положительную вариацию высоты станции $+4.57 \text{ мм/год}$ (Табл. 1). Эти данные свидетельствуют о деформации поверхности Земли в районе станции со скоростью $-(2.17 \pm 0.30) \text{ мм/год}$, вследствие которой сила тяжести испытывает положительную вариацию $+(0.68 \pm 0.09) \mu\text{Гал/год}$. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и от деформации поверхности, получаем значение $-(0.76 \pm 0.09) \mu\text{Гал/год}$, что в пределах погрешностей согласуется с наблюдаемым значением $-0.56 \mu\text{Гал/год}$ [9], [10].

Табл. 2. Расчетные и наблюдаемые вековые вариации силы тяжести на станциях Нью-Йорк-Олесунн, Медисин, Черчилл и Сайова.

<i>N</i>	Станция	Район	Теория	Наблюдения
1	Ny-Alesund	Норвегия	$-(2.17 \pm 0.03)$ μ Гал/год	$-(2.5 \pm 0.9)$ μ Гал/год
2	Churchill	Канада	$-(2.22 \pm 0.28)$ μ Гал/год	$-(2.13 \pm 0.23)$ μ Гал/год
3	Medicina	Италия	$+(2.20 \pm 0.20)$ μ Гал/год	$+(1.9 \pm 0.2)$ μ Гал/год
4	Syowa	Антарктида	$-(0.76 \pm 0.09)$ μ Гал/год	-0.56 μ Гал/год

Работа выполнена при финансовой поддержке по проектам РФФИ N 07-05-00939 и N 09-05-92507-ИК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркин Ю.В. (1995) О движении центра масс Земли, обусловленном глобальным изменением ее динамического строения и приливными деформациями. Вестник Моск. гос. ун-та. Сер. 3 Физика, астрономия, 1995, т. 36, № 5, с. 99-101.
2. Barkin, Yu.V. (2001) Explanation and prediction of the secular variations of the Earth rotation, geopotential, force of gravity and geocenter drift. Proceedings of International Conference «AstroKazan-2001». Astronomy and geodesy in new millennium (24-29 September 2001), Kazan State University: Publisher «DAS», pp. 73-79.
3. Zotov L.V., Barkin Yu.V., Lubushin A.A. (2008) Geocenter motion and its geodynamical content. "Space Geodynamics and Modeling of the Global Geodynamic Processes". International scientific conference in the frames of the "Asian-Pacific Space Geodynamics" Project (APSG 2008). (22-26 September 2008, Novosibirsk, Russian Federation). Abstract book. P. 28.
4. Barkin Yu.V. (2005) Theoretical study and prediction of secular geocenter and gravity variations. Proceedings of Symposium of IAG Subcommission for Europe "European Reference Frame - EUREF 2003" (4-7 June 2003, Toledo, Spain). Verlag des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt and Main, Germany. Band 33. EUREF Publication No. 13, pp. 342-345. <http://www.euref-iag.net/symposia/book2003/P-01-Barkin.pdf>.
5. Баркин Ю.В. (2005) Небесная геодинамика и решение фундаментальных проблем геодезии, гравиметрии, астрометрии и геофизики. Метаморфизм, космические, экспериментальные и общие проблемы петрологии (Ред. Митрофанов Ф.П., Федотов Ж. А.) Материалы Международного (X всероссийского) петрографического совещания (г. Апатиты, 20-22 июня 2005). Том. 4 – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. 2005. с. 48 – 50.
6. [Sato, Tadahiro](#); [Okuno, Jun'ichi](#); [Hinderer, Jacques](#); [MacMillan, Daniel S.](#); [Plag, Hans-Peter](#); [Francis, Olivier](#); [Falk, Reinhard](#); [Fukuda, Yoichi](#) (2006) A geophysical interpretation of the secular displacement and gravity rates observed at Ny-Ålesund, Svalbard in the Arctic-effects of post-glacial rebound and present-day ice melting. Geophysical Journal International, Vol. 165, Issue 11, pp. 729-743.
7. http://gsc.nrcan.gc.ca/geodyn/midtilt_e.php (Geological Survey of Canada).
8. Zerbini S., Richter B. et al. (2001) Height and gravity variations by continuous GPS, gravity and environmental parameter observations in the southern Po Plain, near Bologna, Italy. Earth and Planetary Science Letters, 192, pp. 267-279.
9. Fukuda Y., Higashi T., Yamamoto K., Takemoto S. (2007) A strategy for detecting temporal gravity variation using AG, SG and Space Gravimetry. Presentation at 1 st Asia WS on SG (March 14, 2007, Hsinchu, Taiwan).
10. [Fukuzaki, Y.](#); [Shibuya, K.](#); [Doi, K.](#); [Ozawa, T.](#); [Nothnagel, A.](#); [Jike, T.](#); [Iwano, S.](#); [Jauncey, D. L.](#); [Nicolson, G. D.](#); [McCulloch, P. M.](#) (2005) Results of the VLBI experiments conducted with Syowa Station, Antarctica. Journal of Geodesy, Volume 79, Issue 6-7, pp. 379-388.

УДК 551.2, 550.343

Механизм вынужденной эндогенной активности Земли и объяснение временных вариаций наблюдаемых глобальных природных процессов

Ю.В. Баркин, Tel. 495-939-50-24, Fax. 495-939-88-41, e-mail: barkin@inbox.ru

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

Введение. В работе [1] было показано, что наряду с классическими приливными взаимодействиями небесных тел существует иной механизм возбуждения планет и спутников, как систем взаимодействующих гравитирующих оболочек. Суть его заключается в том, что, например, на ядро и мантию Земли Луна и Солнце оказывают различные гравитационные воздействия, так как они обладают различными динамическими сжатиями, а их центры масс занимают определенные эксцентричные положения. Подобное дифференциальное воздействие на оболочки приводит к их вынужденным взаимодействиям, их трансляционным смещениям, малым взаимным поворотам, деформационным и термодинамическим и иным изменениям. Эти взаимодействия характеризуются гигантскими силами и моментами сил, и являются исключительно энергетичными и определяющими и направляющими эндогенную активность небесных тел. Следствием этих взаимодействий являются вариации наблюдаемых геодинамических и геофизических процессов, многие из которых получают четкое динамическое объяснение.

Геодинамическая модель Земли как системы взаимодействующих оболочек, совершающих малые колебания и повороты под действием гравитационного притяжения внешних небесных тел и взаимных возмущений, в последние годы получила многие подтверждения в исследованиях в различных науках о Земле (в геодезии, гравиметрии, геофизике, геологии, океанологии, планетологии, в динамике атмосферы, климатологии и др.). Высокая точность спутниковых наблюдений на сегодня позволяет уже уверенно говорить о том, что в современную эпоху подтверждается дрейф центра масс Земли вдоль полярной оси к северу со скоростью около 5.20 ± 0.38 мм/год. Существует также близполярное годовое колебание центра масс Земли с амплитудой 11.1 ± 0.2 мм. В докладе показано, что объяснение указанным явлениям можно дать только с позиций разрабатываемой концепции [1] в предположении, что центр масс ядра Земли по отношению к мантийной системе координат совершает вековой полярный тренд к северу со скоростью 26.2 ± 2.5 мм/год и годовое близполярное колебание с амплитудой 29.0 ± 6.0 мм [2]. Динамические исследования возбуждения системы ядро-мантия внешними небесными телами действительно подтверждают преимущественно полярные смещения ядра, причем в разнообразных шкалах времени. Эти направленные взаимные колебания ядра и мантии организуют и контролируют вариации всех планетарных процессов на планете (в мантийных слоях, в литосфере, в океанической и атмосферной оболочках и т.д.), т.к. подвижное ядро оказывает непосредственное гравитационное воздействие на все слои и оболочки Земли, деформируя и возбуждая их. Именно полярные регионы планеты подвержены наибольшему воздействию, чем и объясняется их повышенная активность и геодинамическая значимость, существование полярных организованных тектонических структур. Показано, что обсуждаемый механизм является универсальным и его действие отчетливо проявляется на других планетах и спутниках.

Полученные результаты свидетельствуют, что вековой тренд ядра – это главный фактор, ответственный за все вековые изменения активности глобальных природных процессов на Земле. Таких как сейсмическая и вулканическая активность, рост числа природных катастроф, глобальное изменение уровня океана, потепление климата и др. На основе предлагаемой геодинамической модели дается объяснение наблюдаемым синхронным скачкообразным изменениям глобальных природных процессов в атмосфере, в океане, климате, а также во вращении Земли и др.

1. Направления исследований и некоторые результаты. В данной работе на основе разрабатываемой модели динамики вынужденных относительных движений оболочек Земли обсуждаются актуальные проблемы в различных областях наук о Земле: современные

проблемы геодинамики, небесной механики, геофизики, планетодинамики, океана, атмосферы, климата и др.

Геодинамика и небесная механика. Вращение Земли. Вынужденные относительные смещения ядра и мантии и их геодинамические следствия. Открытие явления медленного направленного перераспределения флюидных масс, вызванного вековым дрейфом ядра Земли. Решение классических проблем геодинамики и геофизики. Объяснение векового дрейфа полюса оси вращения Земли. Объяснение неприливного ускорения вращения Земли. Объяснение наблюдаемых вековых вариаций коэффициентов геопотенциала, вариаций силы тяжести. Объяснение векового изменения уровня океана.

Гравиметрия. Предсказание явления векового возрастания средней силы тяжести в северном полушарии и вековое убывание силы тяжести в южном полушарии. Современные подтверждения явлению инверсии вариаций силы тяжести. Объяснение наблюдаемых вековых вариаций силы тяжести на поверхности Земли.

Геодезия. Объяснение природы грушевидной формы Земли и тенденций ее современных изменений. Расширение южного полушария Земли и сжатие северного полушария. Инверсия деформаций полушарий Земли и сопутствующие явления. Вариации средних радиусов северного и южного полушарий Земли.

Цикличность, синхронность, инверсия и скачки в активности природных процессов. Вариации природных процессов как геодинамические следствия вынужденных циклических и долгопериодических колебаний системы “ядро-мантия” Земли. Исследование деформаций мантии Земли вследствие смещений ядра. Объяснение наблюдаемого единства ритмов и вариаций вращения Земли, гравитационных, гравиметрических и геодезических изменений. Исследование роли относительных колебаний системы ядро-мантия в вариациях и инверсии природных процессов в полярных регионах Земли (и других тел Солнечной системы). Скачкообразные относительные смещения ядра и мантии и их отражение в скачкообразных изменениях активности глобальных природных процессов.

Сейсмичность и вулканизм, катастрофические события. Исследование корреляций дрейфа ядра к северу и нарастания вулканической, сейсмической активности Земли, увеличения числа природных катастроф.

Атмосфера. Активизация полярных атмосферных процессов на Земле вследствие полярного дрейфа и годовых колебаний ядра Земли. Механизм двухлетней цикличности и явление Эль-ниньо. Открытие явлений контрастных вековых изменений среднего атмосферного давления и среднего уровня океана в северном и южном полушариях Земли. Исследование вынужденного перераспределения воздушных масс между южным и северным полушариями Земли и возможный механизм суперротации атмосферы Земли (и других планет) в южном и северном полушариях.

Океан и климатология. Открытие медленного океанического прилива вод из южного полушария в северное и изучение его роли в наблюдаемом повышении глобального уровня океана. Объяснение вековых изменений поверхности океана в 20 веке. Объяснение возрастания среднего глобального уровня океана, а также возрастаний средних уровней океана в южном и северном полушариях в 20 веке. Объяснение ошибочности современных определений возрастания глобального уровня океана альтиметрическими методами и ошибочной трактовки роли тепловых факторов. Объяснение явлений регрессии, трансгрессии и инверсии уровня океана в геологической истории, как геодинамических следствий смещений ядра и вызванных им деформаций дна океана. Предсказание и объяснение контрастных вековых изменений среднего уровня океана в северном и южном полушариях Земли. Разнонаправленность периодических и трендовых вариаций климата в противоположных полусферах Земли и их механизм. Пути преодоления современного кризиса в науках о Земле в эпоху альтиметрических измерений [3].

2 Механизм вынужденных относительных трансляционных смещений ядра и мантии Земли. Приведем некоторые цитаты из работы автора [1], которые довольно ясно описывают действие механизма вынужденных взаимодействий и раскачки оболочек Земли.

“Земля представляет собой систему несферичных эксцентричных оболочек (ядро, мантия, твердое ядро и др.), которые имеют различную структуру и распределение плотностей. Их моменты инерции и динамические сжатия являются различными. С точки зрения механики это означает, что внешние небесные тела (Луна и Солнце) по разному (дифференциально) воздействуют своим притяжением на отдельные оболочки. Они пытаются придать различные ускорения центрам масс оболочек и различные угловые ускорения их вращательным движениям. Этим самым внешние небесные тела ставят оболочки возбуждаемого тела в трудное положение, принуждая их толкать друг друга, мешать друг другу и бороться друг с другом. Т.е. между оболочками возникают мощные силовые взаимодействия: дополнительные силы, причем более значимые по величине, чем приливные силы, и огромные моменты сил, которые все время стремятся повернуть одну из оболочек относительно другой. Чем сильнее внешнее воздействие, тем сильнее прижимаются или растаскиваются оболочки. Если внешнее воздействие ослабевает, то и оболочки взаимно существуют более спокойно. Внешнее воздействие зависит от положения окружающих небесных тел. Но последние меняются циклически в различных шкалах времени. Это означает, что взаимодействия оболочек друг с другом также являются циклическими с набором частот, являющимся производным от базисных частот орбитальных движений небесных тел (совпадают с базисными частотами или являются их разнообразными комбинациями). Ясно, что указанные механические взаимодействия являются как бы изначальными, которые порождают затем последовательность всевозможных взаимодействий всех слоев оболочек, геодинамических и геофизических процессов (естественно также циклических).

Эластичные слои будут испытывать деформации, тем самым поглощая, а затем возвращая механическую энергию поступательно-вращательного движения оболочек и их относительной раскачки. Пластичные свойства слоев оболочек приведут к поглощению механической энергии и к преобразованию ее в тепловую энергию. Направленные механические воздействия нижней оболочки на верхнюю (ядра на мантию) на геологических интервалах времени приведут к колоссальным дополнительным вариациям напряженного состояния верхней оболочки, также упорядоченным в пространстве и времени (к тому же в различных шкалах времени). Это воздействие передастся на все природные процессы, которые будут обладать аналогичными свойствами цикличности и упорядоченности.

Термодинамическая стимуляция слоя D” относительными смещениями ядра и мантии приведет к формированию восходящих мантийных потоков - плюмов. Относительные колебания верхних оболочек Земли с границами на глубинах 670 км, 430 км и др. приведут к формированию флюидных образований (линз и камер) из магматического материала и расплавов. Восходящие флюидные потоки в верхней мантии по системе разломов и трещин подаются в верхние слои и на поверхность Земли. Так реализуется магматическая и вулканическая деятельность Земли. Этой деятельностью вновь «руководят» взаимно - смещающиеся и деформирующиеся оболочки Земли. Последние, в свою очередь, находятся в строгом «подчинении» у Луны и Солнца и «чутко прислушиваются» к малейшим изменениям их орбитальных движений.” ([1], с.45, 46).

“Мощные натиски, повторяющиеся циклически, на зоны скопления флюидных масс (астеносферные линзы, магматические камеры и др.) приводят к их разрастанию и расширению, а при значительных последующих натисках к расклиниванию верхних слоев литосферы и коры, т.е. к образованию новых или к стимуляции и расширению старых трещин и разломов. Последующие или более мощные натиски нижней оболочки по направлению расклинивания приведут к подаче разогретого мантийного вещества из нижних слоев в верхние, включая излияния магм и других флюидов на поверхность планеты (Земли).” ([1], с. 47).

“Ниже мы покажем, что силы взаимодействия оболочек планет (и спутников) весьма значительны и могут служить в качестве основного энергетического источника всех геодинамических и геофизических процессов и позволяют объяснить все их временные

вариации. Предварительные результаты показали, что механизм относительной раскочки и блуждания оболочек Земли производит основную часть механической энергии, вполне обеспечивающей процессы плюм - тектоники, тектонику литосферных плит, функционирование и вариации всех физических полей (магнитное поле, тепловой поток, гравитационное поле и т.д.). Заметим, что данный механизм не исключает функционирование параллельных механизмов эндогенной активности Земли, которые также вносят определенную лепту в энергетическую копилку Земли. И эти вклады могут быть различными на разных этапах геоэволюции.” ([1], с. 47).

“Механизм формирования плюмов и горячих пятен. Наиболее значительные смещения центров масс оболочек Земли приводят к самым значительным вариациям напряженного состояния переходного слоя между ядром и мантией и вышележащих слоев мантии. Мощность оболочки D'' , охватывающей жидкое ядро составляет около 250 км. Она, по-видимому, определяется экстремальными смещениями жидкого ядра по отношению к мантии (своеобразная активная сфера его воздействия). Соответствующие относительные смещения центров масс ядра и мантии (конечно, на геологических интервалах времени) при этом достигают километров. Циклические смещения жидкого ядра с различной амплитудой и частотой приводят к разогреву всего слоя D'' (или определенных зон этого слоя) и понижению его плотности. Слой D'' переходит как бы в возбужденное состояние. Повышается его температура, по-видимому, увеличивается его толщина и избытки разогретых масс под натиском нижней оболочки (ядра) начинают подниматься вдоль ослабленных радиальных зон в верхние уровни стояния. Формированию подобных ослабленных зон также способствует механическое воздействие нижней оболочки на мантию. Так формируются плюмы, подносящие разогретое вещество к самым верхним слоям мантии. При катастрофических взаимодействиях оболочек плюмы способствуют выносу магм непосредственно на поверхность Земли. Фактически здесь дана теоретическая иллюстрация известному представлению, что слой D'' является «кухней внутриплитового магматизма» (Зоненшайн, Кузьмин, 1993). Аналогичные процессы происходят на границах других оболочек Земли. Интенсификация взаимодействий оболочек на границах 430 км, 670 км и даже в более высоких уровнях приводит к формированию зон расплавов, астеносферных линз и тому подобных формирований, которые способствуют вулканической деятельности Земли. При интенсивной раскочке оболочек верхние слои Земли (литосферы) подвергаются гидравлическому расклиниванию (Хаин, Ломизе, 1995). В результате указанного длительного процесса происходит формирование системы трещин и разломов, горячих пятен и их систем на поверхности Земли и т.д. Естественно, что в силу упорядоченного циклического смещения оболочек указанные геологические структуры также будут обладать свойствами упорядоченности (Barkin, 2000).” ([1], с.78).

3 Возможное явление инверсионного плавления и затвердевания вещества на границе ядра и мантии (в противоположных полушариях) при их относительных движениях.

Этот термодинамический механизм предполагает существование контрастных явлений плавления приграничного слоя подошвы мантии (в северном полушарии), к которому ядро принуждается смещаться, и затвердевания подподошвенных зон жидкого ядра с противоположной стороны (в южном полушарии). Этот механизм является гипотетическим, но он довольно логично объясняет наблюдаемые контрастные температурные режимы полусфер в современную и прошлые геологические эпохи, указывает источник плюмного материала, который подается (перераспределяется) к верхним слоям и на поверхность Земли, т.е. механизм плюм-тектонической деятельности Земли. Подобный гипотетический механизм инверсионного плавления и затвердевания, но на границе твердого ядра Земли, впервые был предложен проф. В.Г. Вильке в 2008 г.

3.1. О тепловых режимах полушарий Земли. Плюм-тектоническая деятельность ядра, дрейфующего и колеблющегося с широким спектром частот относительно мантии, в длительной шкале времени приводит к контрастным вариациям геодинамических обстановок

в северном и южном (N/S) полушариях Земли. Указанные полярные колебания ядра и мантии в ходе геозволюции оставили после себя геологические свидетельства на поверхности Земли. Такие гигантские тела как ядро и мантия Земли в результате колебаний, деформаций и относительных смещений легко преобразовывали лик Земли: формировали N/S ориентированные рифтовые структуры, приводили к направленным и организованным движениям литосферных плит, более интенсивно разогревали то южное, то северное полушария, управляли океаном, деформируя его дно и повышая или понижая его средний уровень за счет прилива от смещающегося ядра. Указанные процессы являются длительными и происходят, в том числе, в геологической шкале времени. Наши модельные исследования показали, что относительные колебания ядра и мантии возникают даже при отсутствии ярко выраженных термодинамических преобразований материала на границе ядро-мантия – за счет вязкоупругих свойств всех слоев мантии. Сформулированные положения нуждаются в детальной проработке с позиций механики и термодинамики. Можно предположить, что действие этого механизма должно четко проявляться и в короткой шкале времени, например, при годовых и месячных колебаниях ядра. Значит должны наблюдаться циклические вариации теплового потока из Земли с указанными периодами, причем контрастными по отношению к северному и южному полушариям.

3.2. Объяснение контрастного прогревания северного и южного полушарий Земли. Контрастные прогревания океана, слоев атмосферы, различия тепловых потоков, различия скоростей таяния ледяных покровов в действительности наблюдаются в современную эпоху. Контрастные вековые изменения тепловых потоков, средних температур в N/S полушариях Земли наблюдаются как на поверхности, так и в различных слоях океана и атмосферы [4] (рис. 1).

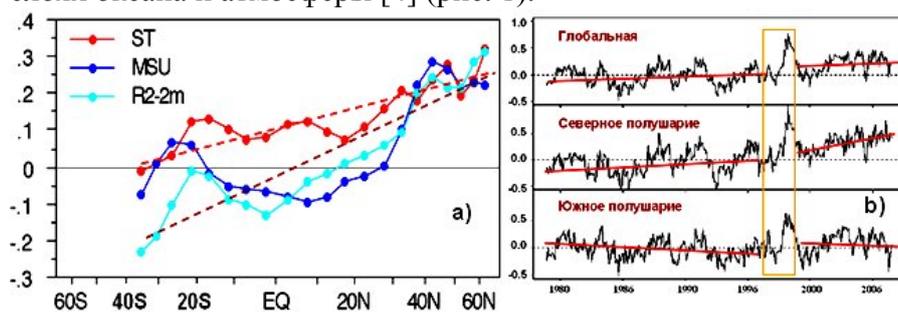


Рис. 1а. Скорости изменения средних температур по широтным поясам Земли в приповерхностных слоях атмосферы (данные ST, MSU, R2-2m; 1 ед. = 1° за 10 лет). Рис. 1б. Тренды средних приповерхностных температур Земли

(глобальной) и в северном и южном полушариях в период 1979 – 2007. Оценки скачков глобальной средней температуры и средних температур в северном и южном полушариях в 1997-1998: G: +0°17, N: +0°15, S: +0°24 градуса.

Работа выполнена при финансовой поддержке по проектам РФФИ N 07-05-00939 и N 09-05-92507-ИК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркин Ю.В. (2002) Объяснение эндогенной активности планет и спутников и ее цикличности. Известия секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Вып. 9, М., ВИНТИ, с. 45-97.
2. Баркин Ю.В. (2008) Вековой полярный дрейф ядра в современную эпоху: геодинамические и геофизические следствия и подтверждения. Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы XLI Тектонического совещания. Том 1. – М.: ГЕОС. С. 55-59.
3. Barkin Yu.V. (2009) Crisis in geosciences in epoch of altimetry measurements and ways of its overcoming. EGU General Assembly (Vienna, Austria, 19-24 April 2009). Geophysical Research Abstracts, Volume 11, 2009, abstract # EGU2009-1608.
4. Douglas D.H., Pearson B.D., Singer F.S. (2004) Altitude dependence of atmospheric temperature trends: Climate models versus observation. Geophysical Research Letters, Vol. 31, L13208, doi:10.1029/2004GL020103.
