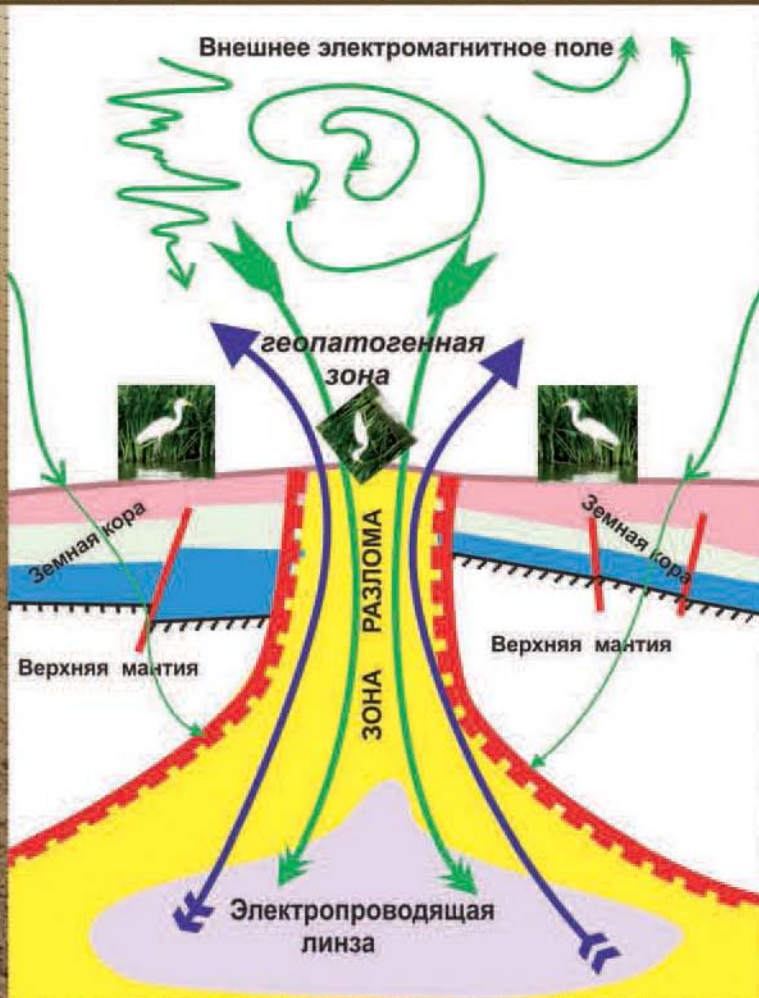




Р. Г. ГАРЕЦКИЙ, Г. И. КАРАТАЕВ

# ЭКОЛОГО-ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА БЕЛАРУСИ



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Институт природопользования

Р. Г. ГАРЕЦКИЙ, Г. И. КАРАТАЕВ

# **ЭКОЛОГО- ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКАЯ СРЕДА БЕЛАРУСИ**

Минск  
«Беларуская навука»  
2015

**Гарецкий, Р. Г.** Эколого-тектонифизическая среда Беларуси / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 175 с. – ISBN 978-985-08-1906-2.

На территории Беларуси развита сеть геодинамических полигонов, на которых в течение многолетних наблюдений получены данные о вариациях во времени гравитационного и магнитного полей, обусловленные протеканием современных тектонифизических и космических процессов, особенно ярко проявляющихся в зонах разломов литосферы. Установлено негативное влияние этих процессов на жизнедеятельность человека. Разработана специальная геолого-математическая модель эколого-тектонифизической среды Беларуси, способная по геолого-геофизическим материалам давать оценку экологического состояния на изучаемый период и сформулировать мероприятия по предотвращению возможных отрицательных влияний тектонифизического и космического факторов на состояние здоровья человека и объектов его жизнедеятельности.

Рассчитана на геологов, геофизиков и экологов, научных сотрудников, преподавателей и аспирантов, изучающих проблемы экологической геологии, жизнедеятельности человека в нестабильной тектонифизической среде.

Табл. 31. Ил. 59. Библиогр.: 82 назв.

#### Р е ц е н з е н т ы:

академик, доктор геолого-минералогических наук А. К. Карабанов (Минск),  
профессор, доктор технических наук В. Г. Колмогоров (Новосибирск),  
доктор геолого-минералогических наук В. Н. Астапенко (Минск)

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена исследованию трех наблюдаемых природных явлений: 1) изучению вариаций во времени и пространстве аномальных геофизических полей, генерируемых геологическими образованиями, которые в силу воздействия на их напряженно-деформированное состояние современных тектонофизических процессов подвержены изменениям формы и физических характеристик (тектонофизический фактор); 2) течению в зонах глубинных разломов по разрезу современных электромагнитных потоков, обусловленных проникновением на большие глубины в литосферу электромагнитного поля ионосферы Земли (возмущенной процессами взаимосвязи магнитосферы Земли, солнечного ветра и космических лучей) и встречных индуктивных полей от глубинных электропроводящих слоев (космический фактор, конкретнее – разломнофизический фактор); 3) взаимодействию физических полей человека и продуктов его жизнедеятельности (в общем случае – хомофизических полей) с изменяющимися в пространстве и времени геофизическими и космофизическими полями, нарушающими «хомофизический климат». Изучение характера взаимодействия отмеченных явлений природы и поиск путей исключения или смягчения отрицательного влияния современных космических и тектонофизических процессов, проявляющихся в пространственно-временных вариациях геофизических полей, на человека и продукты его деятельности является предметом экологической геофизики и тектоники, практическим инструментом исследований которых и есть геофизический мониторинг.

В качестве ведущей характеристики современных глубинных тектонофизических процессов в геолого-геофизическом аспекте будем рассматривать изменения во времени и пространстве значений (вариаций) геофизических полей, особенно ярко проявляющихся в зонах глубинных разломов мантийного заложения и в зонах тектоно-магматических активизаций. Под вариациями во времени геофизических полей тектонофизического происхождения понимают изменения во времени значений наблюдаемых полей, обусловленных реакцией аномальных тел на воздействие глубинных тектонофизических процессов, выражаемое в виде изменений во времени напряженно-деформированного состояния возмущающих поля тел и их перемещения в геологиче-

ской среде. Отклик физико-геологической среды на тектонофизические процессы может проявляться в длиннопериодных вариациях гравитационного и магнитного полей (часто называемых вековыми, а для гравитационного поля – еще и неприливными) и в медленных вертикальных и горизонтальных смещениях земной поверхности, устанавливаемых геодезическими методами, а также и в быстрых высокочастотных колебаниях почвы, фиксируемых сейсмическими методами.

Техногенный фактор обусловлен хозяйственной деятельностью самого человека. Так, строительство сооружений, разработка месторождений полезных ископаемых, строительство атомных и гидроэлектростанций, каналов, мелиорация, создание радиотелерадаров, высоковольтных ЛЭП, подземных силовых кабелей, теплотрасс, водопроводов и канализаций, карьеров, отвалов горных пород, уничтожение лесов в крупных масштабах и др. – все это приводит к существенному изменению земного гравитационного, магнитного и сейсмического полей.

К настоящему времени установлено, что человек в целом, а также отдельные его органы являются генераторами «внутричеловеческих» физических полей (будем называть их хомофизическими), которые вступают во взаимодействие с внешними геофизическими полями (в том числе космического, тектонофизического и техногенного происхождения). Разумеется, если геофизическая среда, в которой мы живем, изменяет во времени свои параметры, то это (как переменчивость климата) через посредство нашего собственного хомофизического поля оказывает влияние на стабильность функционирования наших внутренних органов и может, как показывают исследования, нанести вред нашему здоровью. Так, например, всем хорошо известно влияние магнитных бурь на человеческий организм. В особенности опасны зоны распространения глубинных сквозькоровых разломов, в которых, как показано нашими исследованиями, протекание геофизических полей носит весьма аномальный по отношению к соседним участкам стабильной земной коры характер. Замечено, что продолжительное нахождение человека в таких зонах отрицательно сказывается на состоянии его здоровья: существенно увеличивается риск заболеть инфарктом миокарда, раком и другими опасными заболеваниями. В частности, отмечено, что на автотрассах, пересекающих такого рода разломные зоны, нарушается психика водителя, что может привести к ДТП.

Иначе говоря, жизнь и деятельность человека и других биологических объектов проходит не только в геологической, но и в сложно меняющейся в пространстве и времени структуре геофизической среды. Эта среда, как отмечено выше, обладает некими, будем говорить, «нормальными» и «аномальными» свойствами. Естественно, биологические и технические объекты будут нормально функционировать в геофизической среде с «нормальными» свойствами. Отклонение же геофизических полей от нормы приводит к нарушению нормального функционирования биологических и хозяйственных объектов. Изменяясь во времени и пространстве, геофизические поля воздействуют на

биологические и технические объекты как содействуя их развитию, так и разрушая их. Изучение характера этого действия, поиск путей и способов исключения или смягчения отрицательного влияния изменчивости геофизических полей на человека и животных, на прецизионную аппаратуру и оборудование, на безаварийную работу железнодорожного и автомобильного транспорта, на устойчивость таких ответственных сооружений, как атомные электростанции, химические заводы, метрополитен, высотные здания, нефте- и газопроводы, могильники радиоактивных и других опасных химических отходов и др. является предметом геологической и геофизической экологии.

Предмет наших исследований – пространственно-временные вариации геофизических полей космического и тектонофизического происхождения (Гарецкий и др., 2002). Изучение картины хода такого класса вариаций геофизических полей осуществляется на специальной сети наблюдений в виде геодинимических полигонов, секущих сквозькоровые глубинные разломы и зоны сочленения крупных тектонических структур разного возраста формирования, на которых слежение за ходом вариаций полей ведется по оригинальным методикам наблюдений, обработки и анализа.

Из определения временных вариаций геофизических полей космического и тектонофизического происхождения следует, что они являются индикаторами структуры и вещественного состава зон глубинных разломов и современных тектонофизических процессов. Следовательно, данные о пространственно-временных вариациях полей могут быть использованы для выявления на территории Беларуси зон современной тектоно-магматической активизации и прежде всего – зон активизации глубинных разломов мантийного заложения, возможно перспективных на полезные ископаемые металлогенического ряда. Отсюда сеть геофизического мониторинга Беларуси должна включать наиболее перспективные на «активизацию» глубинные разломы мантийного заложения.

С другой стороны, по характеру проявления вариации гравитационного и магнитного полей тектонофизического происхождения носят в основном длиннопериодный характер, тем самым дают информацию о протекании медленных смещений во времени земной поверхности, опасных для функционирования ответственных технических сооружений. Поэтому в систему сети геофизического мониторинга должны быть включены участки особо ответственных сооружений типа АЭС, ГЭС и др.

Как уже отмечалось ранее, состояние здоровья человека в значительной степени зависит от продолжительности его пребывания в зонах современных активных глубинных разломов. На территории Беларуси глубинные разломы мантийного заложения секут крупные города: Минск, Гомель, Витебск, Мозырь, Новополоцк. Вблизи разломов находятся Могилев, Брест, Гродно и другие города. Сеть глубинных разломов разных направлений и геофизической интенсивности покрывает государственные национальные парки, в том числе ГНП «Беловежская пуща». Особый геологический и экологический интерес

вызывают Полоцкая и Припятская системы глубинных разломов широтного простиранья.

При этом то обстоятельство, что человек с физической точки зрения является своего рода магнитом, поле которого распространяется на относительно небольшие расстояния вне человека, в состав геофизического мониторинга целесообразно включить специальные исследования по изучению «магнитной» реакции человеком на изменчивость во времени и пространстве внешнего и внутреннего поля Земли. В частности, опыт наших исследований в этом направлении позволяет рекомендовать на автотрассах, в местах пересечения ими зон активных разломов, ввести специальные дорожные знаки, требующие быть особо внимательными на этих участках.

Разумеется, не всякий глубинный разлом может быть опасен в настоящее время. Среди всех выделяемых геологами и геофизиками глубинных разломов важно определить те, которые активны сегодня, и где геофизические поля носят аномально опасный характер для человека, продуктов его хозяйственной деятельности и для других биологических объектов. Следовательно, необходимо создания такой сети геофизического мониторинга, которая охватывала бы зоны активных глубинных разломов мантийного заложения и информировала бы население о необходимости его медицинского контроля.

Что касается быстрых колебаний почвы, то в последние три десятилетия мы не один раз были встревожены этим классом колебаний почвы, вызванным землетрясениями. Их воздействие на крупные технические сооружения в Беларуси контролируется предельно возможным параметром сейсмичности, равным 7 баллов. На сейсмических станциях, расположенных на территории Беларуси, Центром геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси (руководитель доктор физико-математических наук А. Г. Аронов) ведется систематический инструментальный контроль сейсмичности территории Беларуси.

Из всего множества геофизических полей мы сосредоточили внимание на изучении современных вариаций во времени гравитационного и магнитного полей Земли. Вариации этих полей с достаточной точностью фиксируются современной геофизической аппаратурой, удобной для перемещения вдоль геодинамических полигонов, а современные магнитометры позволяют выполнять синхронные наблюдения в зонах разломов и на стабильных участках земной коры при изучении вариаций космического происхождения.

Впервые идея выявления возможных вариаций гравитационного и магнитного полей тектонофизического происхождения на территории запада Восточно-Европейской, казалось бы, стабильной докембрийской платформы была предложена заведующим лаборатории физики Земли Института геохимии и геофизики НАН Беларуси Г. И. Каратаевым (1987 г.). Ее реализация творчески и финансово была поддержана директором этого института академиком Р. Г. Гарецким. По контуру Витебск – Могилев – Бобруйск – Слоним – Советск – Шяуляй – Рига – Верхнедвинск – Витебск, пересекающему наиболее крупные

глубинные разломы мантийного заложения и основные тектонические элементы Белорусско-Прибалтийского региона, характеризующиеся различным типом глубинного строения земной коры и различными геофизическими полями, были проведены три цикла магнитометрических наблюдений (1988, 1989, 1990 гг.) и три цикла гравиметрических измерений (1988–1990 гг.) со стандартными, используемыми при решении геологоразведочных задач, гравиметрами (ГНУ-КС) и магнитометрами (ММП-203), (Каратаев, Папушина, 1990; Мастюлин и др., 1993; Каратаев, Шевцов, 1994). Были выявлены значимые вариации полей во времени, интерпретируемые протеканием современных глубинных тектонофизических процессов, в особенности в зонах глубинных разломов мантийного заложения. Эти рекогносцировочные региональные исследования показали целесообразность изучения вариаций полей во времени для решения не только тектонических, но и экологических задач. Так, Р. Г. Гарецким (тектоника), А. П. Емельяновым (сейсмичность) и Г. И. Каратаевым (потенциальные поля) было показано, что естественные геофизические поля и современные глубинно-физические процессы, протекающие в тектоносфере Беларуси, наиболее интенсивно отрицательно воздействуют на состояние человека и продукты его хозяйственной деятельности в зонах глубинных разломов мантийного заложения, разделяющих крупные блоки земной коры с различным типом ее глубинного строения. Выделение на территории Беларуси таких, геофизико-тектонически активных зон, постоянное слежение за характером протекания в них геофизических явлений и разработка мероприятий по ограничению отрицательного их влияния на человека и ответственные сооружения – все это является первейшей экологической задачей, решение которой требует создания на общегосударственном уровне Национального геофизического мониторинга. Авторы дали научное обоснование и принципы построения Национальной системы геофизического мониторинга в Беларуси, на основании которого этот вид мониторинга был включен в состав Государственной программы «Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь» (НСМОС РБ). Таким образом, началом целенаправленного и систематического ведения Геофизического мониторинга в Беларуси следует считать 1996 г. (Гарецкий, Емельянов, Каратаев, 1996).

В развитие этих предложений для изучения пространственно-временных вариаций гравитационного и магнитного полей Земли в геологическом и экологическом аспектах на территории Беларуси была создана сеть геодинамических полигонов, секущих крупные глубинные разломы мантийного заложения: региональный и пять локальных. На полигонах ежегодно выполнялись повторные измерения приращений гравитационного и магнитного полей между пунктами для изучения тектонофизического фактора, и синхронные измерения короткопериодических вариаций геомагнитного поля между пунктами в зонах глубинных разломов и на стабильных блоках в рамках космического фактора.

Цель геофизического мониторинга – изучить характер реакции человека, продуктов его жизнедеятельности и других биологических объектов на ано-



мальные всплески геофизической среды, выявить участки аномального поведения геофизических полей во времени и по площади и на основе сравнительного анализа полученных материалов с данными о современных геологических процессах, тектонике и медико-статистических данных установить на территории Беларуси зоны опасного проявления вариаций геофизических полей, в том числе выражающихся в дилатационных и магнитострикционных явлениях в зонах глубинных разломов, а также разработать мероприятия, снижающие отрицательные воздействия космического и тектонофизического факторов на экологическую обстановку в данном районе.

В результате научно-исследовательской работы в рамках ГП НСМОС РБ, на основании комплексного анализа научных и экспериментально-полевых исследований слежения за вариациями геофизических полей, данных о разломной тектонике, изменчивости структуры и интенсивности проявления геофизических полей и сейсмичности в пространстве и времени, материалов техногенеза и медицинской статистики заболеваний населения Беларуси, литературных источников Р. Г. Гарецким и Г. И. Каратаевым было установлено природное явление, связывающее разломную тектонику, геофизические поля и жизнедеятельность человека. Сущность этого явления определяется триадой: «разломы литосферы + геофизические поля и геологические процессы  $\Rightarrow$  человек и объекты его жизнедеятельности» (Гарецкий, Каратаев, 2005). В зонах глубинных разломов вариации геофизических полей космического и тектонофизического факторов аномально сильно воздействуют на физические поля человека, что приводит к нарушению функционирования физиологических процессов во внутренних органах человека и к их заболеванию, к нарушению психики; воздействуют на физические поля электротехнических устройств и приборов, что приводит к нарушению процесса их функционирования; происходящие в них колебательные процессы земной поверхности и сейсмические явления могут привести к превышению предела прочности сооружений и их разрушению.

Это явление свидетельствует о существовании в природе геоэкологически неблагоприятных (геопатогенных, в широком смысле этого слова) зон, изучение которых является одной из главных задач экологической геологии и геофизики, на что нацелен, в частности, ведущийся на территории Беларуси геофизический мониторинг в соответствии с ГП НСМОС РБ.

Изложенные в настоящей монографии научно-практические результаты исследований в рамках геофизического мониторинга Беларуси относятся, вообще говоря, к области стыка двух ведущих научных направлений – экологической геологии и геофизики и современным движениям земной коры, так или иначе связанных с современными тектонофизическими процессами и космическими явлениями, влияющими на жизнедеятельность человека и среду его обитания. В связи с этим полагаем, что в последующем целесообразно усилить геофизический мониторинг Беларуси проведением, по крайней мере, на локальных геодинамических полигонах повторных геодезических измере-

ний по выявлению на крыльях зон активных разломов вертикальных и горизонтальных смещений земной поверхности.

Тектоно-геофизическое обоснование и проект гравиметрических и магнитометрических геодинамических полигонов и пунктов векового хода (ПВХ) геомагнитного поля на территории Беларуси был разработан Р. Г. Гарецким и Г. И. Каратаевым. Практическая реализация проекта выполнялась сотрудниками Института геохимии и геофизики НАН Беларуси по методике и при непосредственном участии Г. И. Каратаева. При этом определение мест заложения геофизических реперов, их закладка, составление кроки, определение координат пунктов и многократные измерения приращений гравитационного и магнитного полей между пунктами на полигонах геофизического мониторинга Беларуси выполнялись В. Н. Астапенко, Ю. В. Беловым, С. В. Голобоковым, О. И. Карагодиной, О. В. Мясниковым, А. Э. Шечковым. Развитие сети ПВХ на территории Беларуси и соответствующие повторные наблюдения геомагнитного поля произведены Г. И. Каратаевым, О. И. Карагодиной и Н. Р. Рудковской при консультациях и практической поддержке сотрудников Польского института геодезии и картографии профессора А. Сас-Ухрыновского и С. Мрочека. Участие указанных специалистов отмечено в соответствующих отчетах по ГП НСМОС РБ, а также в ряде публикаций, в том числе в работах (Сас-Ухрыновский и др., 2001; Аронов и др., 2004; Каратаев, Мясников, 2007; Каратаев, Мясников, 2008; и др.). Геологическая интерпретация выявленных на полигонах в зонах глубинных разломов пространственно-временных вариаций гравитационного и магнитного полей в конечном итоге вылилась в создание Р. Г. Гарецким и Г. И. Каратаевым тектонофизической модели экологической среды Беларуси (см. главу 7 настоящей монографии).

В научно-исследовательской работе по изучению и интерпретации пространственно-временных вариаций гравитационного и магнитного полей Земли на территории Беларуси наиболее активное участие в разные годы, кроме указанных специалистов, принимали сотрудники Института геохимии и геофизики НАН Беларуси: Л. А. Мастюлин, Ю. Н. Кузнецов, Л. Б. Папушина. Медицинские исследования выполнялись совместно с кандидатом медицинских наук Н. Г. Кравцовой. На Полоцком микрополигоне геодезические измерения проводились сотрудниками Новополоцкого госуниверситета под руководством доцента Г. А. Шароглазовой. Неоценимую помощь в понимании тектонофизических процессов на Краснослободском полигоне оказывали контакты с зав. сектором исследования процессов сдвижения горных пород и экологии ОАО «Белгорхимпром» А. Ф. Даниловой. На некоторых этапах в рамках Государственной программы НСМОС РБ работы велись совместно с сотрудниками Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси и прежде всего с Р. Р. Сероглазовым, Т. И. Ароновой и Д. С. Римшей. Всем, принимавшим участие в работе, авторы выражают искреннюю благодарность.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология – обширный комплекс наук о литосфере и Земле в целом, ее составе, строении, движениях, истории развития и размещении в ней полезных ископаемых. В соответствии с конкретными задачами и направленностью исследований геология подразделяется на ряд более узких научных дисциплин: динамическая геология, историческая, структурная, инженерная, угольная, космическая, экономическая и т. д. В последнее время в самостоятельное направление стала оформляться экологическая геология, как и ее разделы – экологические геофизика и геохимия. «Принципиально новое направление геологических наук – экологическая геология. Задача сохранения природной среды требует специального изучения геологических процессов, связанных с развитием биосферы и техногенного воздействия человека на природу. Не менее важно рациональное использование минерально-сырьевых ресурсов...» (Горная..., с. 543). Геологические исследования, связанные с решением проблем экологии, составляют предмет экологической геологии.

В проблеме экологической геологии можно выделить два аспекта: *прямой* – воздействие человека на среду его обитания, приводящее к нарушению геологической, геофизической, геохимической и гидрогеологической обстановки, и *обратный* – воздействие естественных и искусственных физических полей и современных космических и глубинных тектонофизических процессов на человека и продукты его хозяйственной деятельности.

**Прямой аспект.** Человеческая деятельность, оказывающая мощное техногенное воздействие на природу, стала одной из существенных геологических сил современного периода развития Земли, по справедливости получившего название антропогена. Ежегодно человечество выбрасывает в атмосферу миллионы тонн твердых и жидких отходов производства, не меньшее количество горной породы перекапывается на земной поверхности и добывается из более глубоких частей земной коры карьерами, шахтами и другими выработками. Колебания относительных отметок техногенного рельефа достигают многих десятков и даже первых сотен метров. Большая загрязненность гидросферы делает ее небезопасной для здоровья человека и всего живого. Огромные объемы газообразных и пылевидных выбросов в атмосферу изменяют ее состав. Все это оказывает влияние на геофизические поля, изменяет климат, вызывает

кислотные дожди и т. д. Уже ощущается действие так называемого парникового эффекта, опасным становится состояние озонового слоя. Естественные ландшафты изменяются до неузнаваемости, многие из них становятся типично техногенными. Отдельные генетические типы рельефа исчезают бесследно. Так, на территории Беларуси уже в единичных исчислениях остались такие формы, как озы (Матвеев, 1990). Человек создает новые геохимические провинции, которые иногда существенно ухудшают среду его местообитания. Неумелое обращение с теми или иными современными объектами производства приводят к катастрофическим последствиям и для человека, и для окружающей среды. Ярким примером является Чернобыльская катастрофа, охватившая огромные пространства Беларуси, Украины и России. Результаты хозяйственной деятельности человека сейчас таковы, что наука о «доме нашем» – экология – становится одной из важнейших, ибо состояние окружающей среды катастрофично и речь уже идет о выживании человечества.

Техногенные факторы, связанные с вторжением человека в недра Земли (бурение, шахты, изъятие породы и жидкости из глубин Земли при добыче полезных ископаемых и, наоборот, закачка воды в подземные горизонты и т. д.), крупное строительство, водохранилища, карстовые явления и др., вызывают нарушение равновесного напряженного состояния земной коры. Воздействия техногенных факторов нередко приводят к резкому снятию напряженности в земной коре («спусковой крючок»), в силу чего возникают медленные колебания земной коры, а также и землетрясения. Такие землетрясения (до сотни в год) зафиксированы в районе Солигорска, причем наиболее крупные из них достигают 4–5 баллов. Кроме того, карстовый процесс, обвалы в шахтах и другие подобного рода явления могут провоцировать чисто техногенные землетрясения. К тому же отбор нефти, газа, воды, выемка пород из глубин и др. вызывают просадки земной поверхности, что создает различные негативные явления (заболачивание, нарушение наземных сооружений и т. д.). Такие просадки глубиной до 1–5 м широко развиты в Солигорском калиеносном районе, в результате чего многие площади отличной пахотной земли выведены из строя и даже приходится переселять население ряда деревень.

Большие экологические проблемы, кроме уже ранее названных, возникают при эксплуатации практически всех полезных ископаемых. Это загрязнение атмосферы и гидросферы, нарушение водного режима, отвалы, уничтожение пахотных земель, урон лесному хозяйству и т. п. Важное значение приобретает правильная и рациональная рекультивация многочисленных карьеров и других горных выработок. С уменьшением экологически вредного воздействия связана необходимость создания малоотходных производств при добыче и обогащении минерального сырья, что требует комплексного использования полезных ископаемых, а в целом рационального использования минеральных ресурсов.

При решении ряда экологических вопросов большое значение имеет проблема герметичности и открытости недр. Особенно это важно при создании

искусственных залежей нефти и газа, при поисках и разработке хранилищ для подземного захоронения вредных отходов, промышленных стоков, радиоактивных веществ и др. В этих случаях изучение тектоники региона, вещественного состава пород, гидрогеологической и геофизической ситуации приобретает первостепенное значение: наиболее подходящими хранилищами являются соляные структуры с массивами соли в ядре, кристаллические породы фундамента, иногда синклинали и мульды (для захоронения отходов) или антиклинали и купола (для искусственных залежей нефти и газа) с хорошими коллекторами, окруженными непроницаемыми покрывками.

Следует отметить, что питьевые подземные воды с каждым годом становятся все более ценным полезным ископаемым. Особенно они приобретают большую ценность в условиях чрезвычайного загрязнения поверхностных вод. Для территорий, подвергнувшихся радиоактивному загрязнению, подземные воды – наиболее безопасный источник питьевой воды. Изучение геологического строения территории и ее гидрогеологической ситуации, режима, динамики и запасов подземных вод; выявление источников загрязнения с целью их ликвидации или уменьшения влияния, путей проникновения загрязненных веществ в подземные водоносные горизонты (в частности, обнаружение возможных сквозных окон, разломных трещиноватых зон), величины подземных воронок, связанных с эксплуатацией водоносных пластов или с горными выработками; выяснение качества вод в депрессионных воронках, которые могут стать ловушками различных загрязнений и т. п. – все это необходимые элементы исследований при рациональном использовании подземных вод (Кудельский, Пашкевич, 2014).

Ряд проблем связан с экологической геохимией. Необходимо выяснение натурального геохимического фона, а затем распределение различных элементов техногенного происхождения (включая и радиоактивные) в различных ландшафтах, в том числе как сельских, так и городских агломераций. Важно выяснить пути и скорость миграции этих элементов в самых разнообразных условиях.

В проблеме поисков экологически чистых источников энергии, как альтернативы теплоэлектроцентралям на угле и мазуте, АЭС и др., перспективно использование геотермальной энергии, так как петрогеотермальные ресурсы чрезвычайно велики и экологически безопасны; использование солнечной энергии и т. д.

**Обратный аспект.** По последним данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) каждая пятая смерть человека обусловлена болезнями, связанными с окружающей средой; бедные слои населения в пять раз больше подвергаются воздействию окружающей среды; житель Европы только из-за загрязнения воздуха теряет 8,5 месяцев жизни; более 100 тысяч смертей в год в Европе обусловлено нарушением экологической обстановки. ВОЗ призывает искать новаторские подходы к сопротивлению воздействию на здоровье человека непрекращающихся изменений в сфере окружающей среды. Мы полагаем,

что изучение вариаций геофизических полей и их роли в экологической геологии – один из таких подходов.

Воздействие естественных и техногенных физических полей и современных космических и глубинных тектонофизических процессов на человека и продукты его хозяйственной деятельности проявляется главным образом в зонах развития крупных активизированных глубинных разломов – сквозь-коровых, мантийного заложения – в виде вариаций во времени геофизических полей, различного рода эманаций и быстрых (сейсмичность) и медленных подвижек земной поверхности.

**С геологической точки зрения** зоны разломов и тектономагматической активизации являются важнейшими тектоническими элементами, формирующими рудоносные залежи в кристаллическом фундаменте, а в ряде случаев – и в платформенном чехле (Гарецкий, Каратаев, 2014). На рис. 1.1 (вклейка) приведена карта глубинных разломов земной коры Беларуси по геофизическим данным. Региональные сбросы, разломы и зоны смятия, связанные с зонами разрывных нарушений, представляют собой основные подводящие каналы для рудообразующих растворов. Они нередко прослеживаются на сотни километров и вдоль них обычно располагаются многочисленные постмагматические месторождения. Общеизвестна роль разрывных структур в формировании рудных и нерудных полезных ископаемых, как контролирующих, с одной стороны, структурные факторы, а с другой – флюидоподводящие каналы. При этом разломы различных рангов и типов или их сочетания могут иметь разное металлогеническое и минерагеническое значения. Сквозные зоны (системы) разломов, являясь, как правило, долгоживущими, контролируют зоны и мегазоны активизации, с которыми связаны многие месторождения полезных ископаемых.

Роль глубинных разломов, как фактора рудного контроля, возрастает для областей автономной активизации, особенно в пределах подвижных зон докембрийского фундамента, на древних щитах и срединных массивах. При этом намечается следующее эмпирическое правило: чем крупнее ранг разделяемых структур, чем длительнее и полнее проявлены процессы эндогенной активности и активизации, тем больше зона влияния глубинного разлома и соответственно больше потенциальная рудоносность примыкающих блоков.

Процессы формирования глубинных разломов сопровождалось вертикальными и горизонтальными движениями вещества, неоднократными актами магматизма и метаморфизма, что обусловило высокую степень растрескивания «разлом-тела», с образованием различных дизъюнктивных нарушений, образующих внутреннюю структуру разломов. Здесь же развиты зоны минерализации и обводнения, жилы, дайки, штоки и другие магматические тела, нередко образующие выдержанные цепочки вдоль по простиранию зоны разлома. В особенности яркое проявление магматизма наблюдается в наиболее ослабленных прибортовых частях глубинных разломов, на контакте с тектоническими блоками.

Как известно, в зонах глубинных разломов происходит понижение вязкости вещества, повышение его проницаемости, оно становится менее плотным, более рыхлым по отношению к соседним стабильным зонам, с хорошей фильтрационной способностью и водонасыщенностью. Поэтому разломы являются хорошими каналами, по которым с больших глубин в верхние слои поступают расплавленное магматическое вещество, флюиды, газы, эманации, в том числе выходящие на земную поверхность. К разломам приурочена основная масса наиболее интенсивных землетрясений.

Через разломы на большие глубины в литосферу проникает внешнее электромагнитное поле Земли, которое, встречая глубинные электропроводящие слои, возбуждает вторичное индуктивное электромагнитное поле, выходящее по разломам на земную поверхность. То есть в зонах разломов происходит течение встречных электромагнитных полей (рис. 1.2, вклейка; рис. 1.3 и 1.4).

В зонах разломов наблюдаются интенсивные вариации гравитационного и магнитного полей во времени, обусловленные разуплотнением глубинного вещества, его перемещением и явлениями магнитострикции (рис. 1.5, 1.6). В зонах разломов происходят интенсивные вертикальные и горизонтальные перемещения земной поверхности, обусловленные современными глубинными

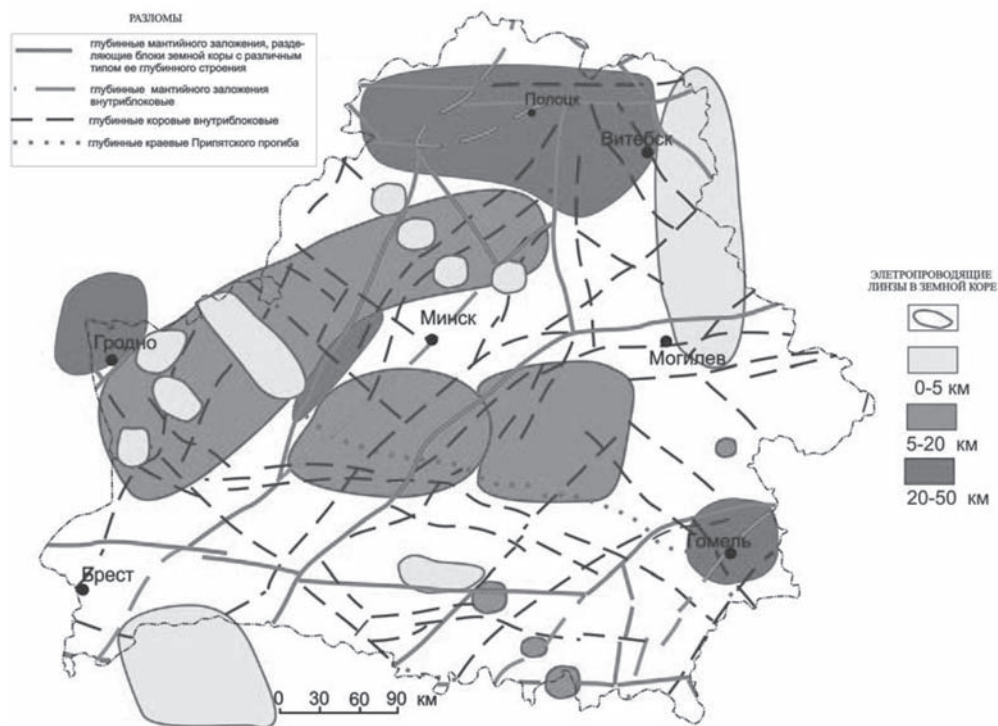


Рис. 1.3. Схема сопоставления электропроводящих зон и глубинных разломов литосферы Беларуси (Астапенко, 2012): 1 – контуры электропроводящих линз; зоны электропроводности: 0–5 км – в верхней коре; 5–20 км – в средней; 20–50 км – в нижней коре

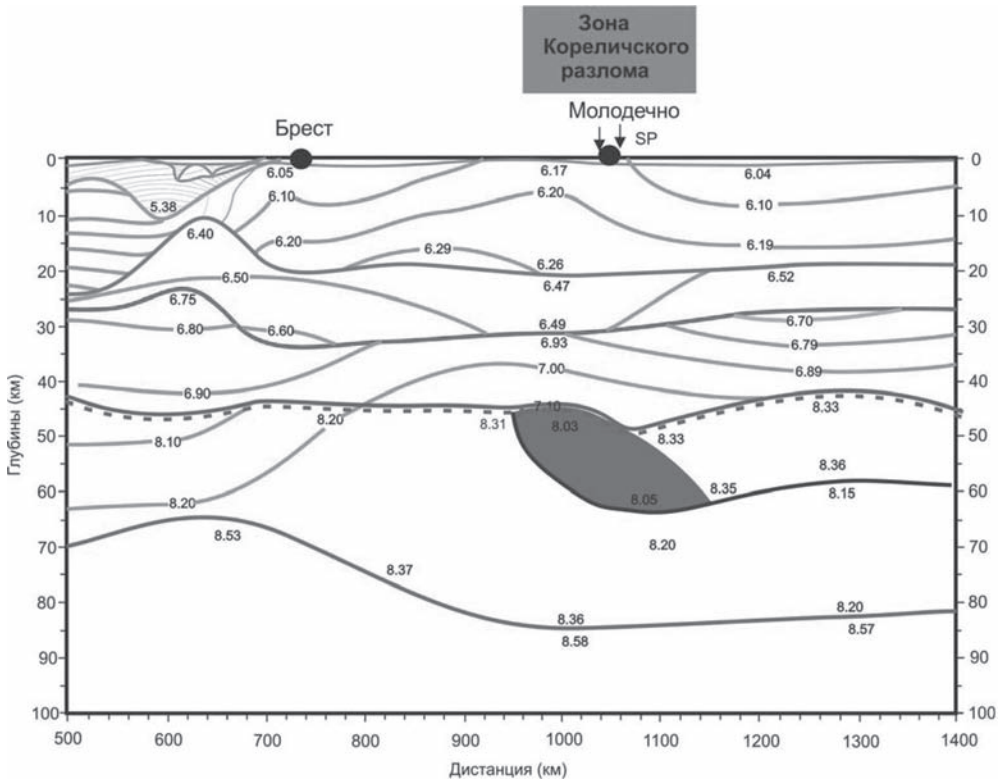


Рис. 1.6. Фрагмент геотрансекта глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) CELEBRATION (Grad et al., 2006)

тектонифизическими процессами (Гири́н, 1990; Каратаев, Папушина, 1990; Мастю́лин и др., 1993; Каратаев, Шевцов, 1994; Гарецкий и др., 2002; Каратаев, Белов, 2004).

На рис. 1.7 приведены результаты синхронного наблюдения геомагнитного поля на двух пунктах, один из которых расположен в зоне Кореличского глубинного разлома, а второй – за его пределами в области стабильной земной коры. Как видим, ход геомагнитного поля на пунктах существенно различен: в зоне разлома поле осложнено значительным распространением короткопериодических вариаций – действует фактор вариаций космического происхождения.

Резюмируя результаты регионального изучения пространственно-временных вариаций гравитационного и магнитного полей на территории Беларуси, можно отметить две закономерности (Гарецкий и др., 2002): 1) крупные тектонические элементы земной коры региона реагируют на характер протекания современных тектонофизических и, прежде всего, изостатических процессов изменением картины напряженно-деформированного состояния земной коры, проявляющейся во временных вариациях гравитационного и магнитного полей; 2) современные активные зоны глубинных разломов литосферы характе-



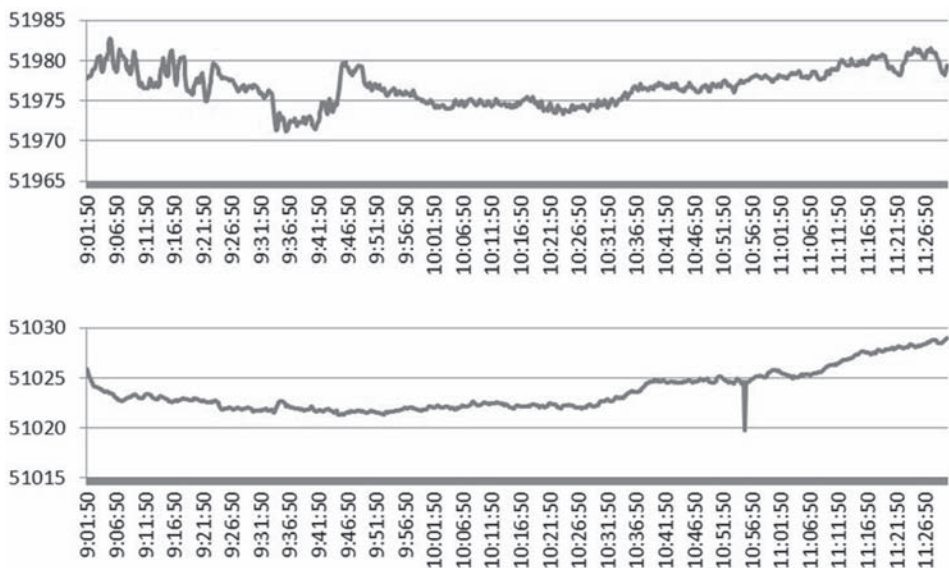


Рис. 1.7. Ход кривых модуля вектора геомагнитного поля в результате синхронных наблюдений в зоне Кореличского разлома (верхний рисунок) и за его пределами (нижний рисунок)

ризуются высокими градиентами вариационно-временных кривых геофизических полей. Иначе говоря, пространственно-временные вариации геофизических полей – это новый источник информации об особенностях современного развития земной коры региона.

Обратим внимание на то обстоятельство, что с геологической точки зрения для оценки степени перспективности разломов на полезные ископаемые важным обстоятельством является долгоживучесть разлома, его активизация. Эту характеристику глубинного разлома мы получаем в результате мониторинга геофизических полей, дающего нам информацию о современных вариациях полей во времени, обусловленных протеканием тектонофизических процессов.

Литосфера Беларуси сильно разбита разломами разных порядков – от суперрегиональных мантийного заложения до локальных верхнекоровых (см. рис. 1.1, вклейка). Такая разломная картина обусловлена тем, что формирование литосферы на территории Беларуси связано со столкновением здесь в палеопротерозое трех литосферных плит: Фенноскандинавской, Сарматской и Волго-Уральской (Богданова, 2006). Населенные пункты и промышленные предприятия Беларуси нередко находятся в зонах влияния глубинных разломов мантийного заложения. В аспекте медицинской геологии такая тектонофизическая картина требует интенсификации соответствующих исследований в Беларуси, постулируя, что среди выделенных на Карте разломов Беларуси (Разломы ..., 2007) по крайней мере современные активные разломы могут явиться геопатогенными зонами.

В связи с этим нами совместно с врачом, кандидатом медицинских наук Н. Г. Кравцовой был проведен следующий эксперимент. Постулировалось, что заболевания человека так или иначе коррелируют с его местом долговременного проживания – в зонах разломов или за их пределами на стабильных в тектоническом отношении участках земной коры (Гарецкий, Каратаев, Кравцова, 2000).

Для 129 административных районов и крупных городов Беларуси были выбраны данные 1985 г. по 27 болезням в соответствии с Международной статистической классификацией болезней, травм и причин смерти (в частности, такие заболевания, как сахарный диабет, эпилепсия без психоза и слабоумия, глаукома, хронические ревматические болезни сердца, гипертонические болезни, хронические болезни миндалин и аденоид, гастрит хронический, острый инфаркт миокарда, желчнокаменная болезнь и холецистит, тиреотоксикоз с зобом и без него, стенокардия, пневмония, ревматоидный артрит, остеоартрозы и др.). С помощью специальной компьютерной программы эти данные сопоставлены территориально с глубинными разломами мантийного заложения и участками стабильной коры. При этом для исключения влияния техногенных факторов из исходных данных были изъяты материалы по крупным городам и районам с сильно развитой промышленностью (с явно выраженным экологическим загрязнением техногенного характера). Результаты компьютерного сравнительного анализа показали следующее.

На территории Беларуси существует устойчивая региональная взаимосвязь между характером заболеваний населения, геофизическими полями и структурой тектоносферы (техногенный фактор оказывает лишь локальное влияние). При этом в зонах крупных глубинных разломов, где наблюдается наиболее интенсивное протекание современных тектонофизических процессов, в 3–5 раз чаще, чем в других областях Беларуси, встречаются заболевания ревматизмом и инфарктом миокарда. В поясах контакта глубинных разломов со стабильными участками земной коры отмечается повышенная (в 3–4 раза) заболеваемость сахарным диабетом, стенокардией и гастритом. Такие же заболевания, как желчнокаменная болезнь, глаукома, хронические болезни миндалин и аденоидов, пневмония главным образом приурочены к областям стабильной земной коры, где наблюдается слабая изменчивость геофизических полей во времени.

Другой пример, проведенный совместно с сотрудниками Госавтоинспекции Республики Беларусь. На трассе Минск–Молодечно были выделены участки частых дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Вдоль трассы нами была выполнена детальная магнитная съемка, по результатам которой выделены зоны разломов. Оказалось, что все ДТП совпадают с зонами разломов.

Еще один эксперимент из нашей практики, выполненный совместно с психологом Е. К. Агеенковой. Во время одной из полевых геофизических экспедиций на севере Беларуси участникам экспедиции предлагались психологические тесты. Было замечено, что при нахождении коллектива в зонах разломов психологические задачи решались неверно (Каратаев, Агеенкова, 1994).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	3
<i>Глава 1. Геофизический мониторинг в системе экологической геологии</i> .....	10
<i>Глава 2. Теоретическое обеспечение геофизического мониторинга</i> .....	33
2.1. Аналитическая связь гравитационного и магнитного потенциалов возмущающих масс.....	35
2.2. Аналитическая связь сейсмического потенциала смещения среды с гравитационным потенциалом .....	38
2.3. Основные положения теории потенциала возмущающих масс, подверженных деформациям и изменениям напряжений во времени.....	41
2.3.1. Прямая и обратная задачи временного гравитационного и магнитного потенциалов.....	43
2.3.2. Комплексирование временных возмущений геофизических полей с геомеханическими решениями .....	52
<i>Глава 3. Геодинамическая сеть полигонов изучения пространственно-временной картины геофизических полей в Беларуси</i> .....	58
3.1. О постановке наблюдений за временными возмущениями гравитационного и магнитного полей .....	58
3.2. Схема геофизического мониторинга Беларуси.....	61
<i>Глава 4. Определение пространственно-временных вариаций полей в системе геофизического мониторинга</i> .....	70
4.1. Определение вариаций во времени геофизических полей, создаваемых современными тектонофизическими процессами.....	70
4.1.1. Гравитационное поле.....	70
4.1.2. Геомагнитное поле .....	73
4.2. Определение вариаций во времени геомагнитного поля, создаваемых космическим фактором .....	79
<i>Глава 5. Региональное изучение временных вариаций геофизических полей на территории Беларуси</i> .....	83
5.1. Изучение региональных временных вариаций гравитационного и магнитного полей тектонофизического происхождения .....	83
5.1.1. Оценка возможных региональных вариаций геофизических полей на западе Восточно-Европейской платформы.....	83
5.1.2. Белорусский региональный геодинамический гравиметрический полигон ....	86

5.1.3. Белорусский региональный геодинамический магнитометрический полигон ...	95
5.2. Пространственно-временная характеристика магнитного склонения на территории Беларуси и практические аспекты его мониторинга .....	102
5.2.1. Практические аспекты мониторинга магнитного склонения на территории Беларуси .....	104
<b>Глава 6. Современные геофизические процессы в зонах глубинных разломов литосферы Беларуси и их экологическая значимость .....</b>	<b>111</b>
6.1. Изучение вариаций геофизических полей во времени на Полоцком геодинамическом полигоне .....	112
6.2. Изучение вариаций геофизических полей во времени на Краснослободском геодинамическом полигоне .....	120
6.3. Изучение вариаций геофизических полей во времени на Лидском геодинамическом полигоне .....	129
6.4. Изучение вариаций геофизических полей во времени на Борисовском геодинамическом полигоне .....	135
6.5. Изучение вариаций геофизических полей во времени на Глушкевичском геодинамическом полигоне .....	140
<b>Глава 7. Модель динамики тектонофизической экологической среды Беларуси .....</b>	<b>143</b>
7.1. Тектонофизическая экологическая модель .....	147
7.2. Некоторые практические предложения по обнаружению геопатогенных зон .....	150
<b>Заключение .....</b>	<b>152</b>
<b>Литература .....</b>	<b>156</b>
<b>Приложения .....</b>	<b>160</b>

Научное издание

**Гарецкий** Радим Гаврилович  
**Каратаев** Герман Иванович

**ЭКОЛОГО-ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКАЯ  
СРЕДА БЕЛАРУСИ**

Редактор *Я. В. Роцина*

Художественный редактор *Т. Д. Царева*

Техническое оформление *О. А. Толстая*

Компьютерная верстка *Л. И. Кудерко*

Подписано в печать 24.09.2015. Формат  $70 \times 100^{1/16}$ . Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Усл. печ. л. 14,3+0,65 вкл. Уч.-изд. л. 12,6. Тираж 120 экз. Заказ 174.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом  
«Беларуская навука». Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/18 от 02.08.2013. Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.



**ГАРЕЦКИЙ Радим Гаврилович** – доктор геолого-минералогических наук, академик НАН Беларуси, иностранный член Российской академии наук, профессор, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси. Лауреат Государственных премий СССР, БССР, премии академика Н. С. Шатского и премии академика В. А. Коптюга. Область исследований – геология, геотектоника и геодинамика платформенных областей и экологическая геология.

**КАРАТАЕВ Герман Иванович** – доктор геолого-минералогических наук, академик Международной академии энергоинформационных наук, профессор, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси. Область исследований – комплексная геологическая интерпретация геофизических полей и геофизическая экология.

ISBN 978-985-08-1906-2



9 789850 819062 >