

Кора — мантия — ядро

Crust — Mantle — Core / Krusten — Mantel — Kern

УДК 551.64

Кутинов Ю.Г.*,
Чистова З.Б.**



Комплексная модель процессов межгеосферного взаимодействия в тектонических узлах Севера Русской плиты

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Север № 11-04-98802 а и целевой программы поддержки проектов в рамках содружества УрО РАН с СО РАН, проект 12-С-5-1013.

*Кутинов, Юрий Григорьевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН, академик Европейской академии естественных наук (Ганновер) и Итальянской академии социальных и экономических наук (Рим)

E-mail: kutinov@iepn.ru

**Чистова Зинаида Борисовна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией глубинного геологического строения и динамики литосферы Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН

E-mail: zchistova@yandex.ru

Наши данные свидетельствуют о наличии воздействия тектонических нарушений на окружающую среду за счет возникновения наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля. На основе собственных наземных исследований и дешифрирования космоматериалов авторами выделены критерии этого таксона.

Ключевые слова: Русская плита, тектонический узел, дегазация, наведенные токи, вариации магнитного поля, атмосферное давление, поисковые признаки, окружающая среда.

Введение

К настоящему времени осознано, что Земля как планета представляет собой цельную, сложную и многооболочечную систему, которая характеризуется как открытая, неравновесная, самоорганизующаяся и саморазвивающаяся. При этом, если речь идет об изучении процессов взаимодействия геосфер, то имеет смысл использовать либо сферный подход при описании строения и состояния среды (атмосфера, биосфера, литосфера, гидросфера, техносфера) и рассматривать связи между сферами как внешние, либо экосистемный подход (водные, почвенные и другие экосистемы) [Белоусова 1998] и рассматривать совокупность внешних и внутренних связей подсистем, имеющих различные пространственно-временные закономерности развития. По глубокому убеждению авторов при исследовании межгеосферных процессов предпочтение следует отдавать сферному (оболочечному) подходу, как более точно отражающему структуру изучаемого объекта (его пространственно-временной континуум).

Масштабы явлений, протекающих в системе взаимодействующих геосфер, определяются, прежде всего, распределением в них энергии [Зецер 2009], т.е. источниками и стоками энергии во внутренних и внешних геосферах, определяющими баланс и параметры процессов. Источники энергии и распределение теплосодержания во внутренних геосферах показаны в **табл. 1, 2.**

Таблица 1

Источники глобальной энергии в твердой Земле [Зецер 2009]

Гравитационная энергия аккреции	Дж	Гравитационная энергия аккреции	Дж
Существующая структура плотности	$2,49 \times 10^{32}$	Тепло радиоактивного происхождения	8.0×10^{30}
Однородная Земля	$2,33 \times 10^{32}$	Остаточное реликтовое тепло	1.8×10^{31}
Сепарация ядра	$1,61 \times 10^{31}$	Диссипация за счет приливов	$2-3 \times 10^{30}$
Формирование внутреннего ядра	$8,3 \times 10^{28}$	Современная вращательная энергия	2.1×10^{29}
Сепарация коры	$7,6 \times 10^{28}$		
Всего			5.3×10^{32}

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
 В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

Таблица 2

Распределение теплосодержания во внутренних геосферах [Зецер 2009]

Внутренние геосферы	Масса в долях полной массы Земли, %	Теплосодержание, Дж
Кора	0.5	3×10^{28}
Мантия	0.7	10^{31}
Ядро	32.5	8×10^{30}

В целом, энергия, накопленная во внутренних геосферах (табл. 1), выше, чем во внешних геосферах. Но энергия геосфер, которая поступает извне, сразу расходуется в отличие от энергии внутренних геосфер. Кроме того, суммарная масса газов, заключенная в верхних геосферах, значительно меньше массы твердой Земли, включая океаны. Поэтому, сравнивая удельные по массе мощности для указанных геосфер (табл. 3), можно заключить, что физические процессы, происходящие во внешних геосферах, расходуют, гораздо больше мощности (энергии) на единицу массы, чем во внутренних геосферах.

Таблица 3

Оценка мощностей, расходуемых на глобальные процессы во внутренних и внешних геосферах [Зецер 2009]

Внутренние геосферы		Внешние геосферы	
Процесс охлаждения внутренних геосфер	4.4×10^{13} Вт	Мощность Аврорального высыпания электронов	2×10^{11} Вт
Поток механической энергии твердой Земли	4.8×10^{12} Вт	Мощность Джоулева нагрева ионосферы	2.7×10^{10} Вт
Энергия ядра и геомагнитного поля	3.7×10^{12} Вт	Мощность кольцевого тока	6×10^9 Вт
Суммарная мощность, расходуемая во внутренних геосферах	5.25×10^{13} Вт	Мощность образования плазмоида плюс мощность, расходуемая на нагрев плазменного слоя	5×10^{10} Вт
Средняя масса внутренних геосфер	4×10^{24} кг	Средняя масса внешних геосфер	6×10^{19} кг
Мощность, расходуемая во внутренних геосферах, приходящаяся на единицу массы	1.3×10^{-11} Вт/кг	Мощность, расходуемая во внешних геосферах, приходящаяся на единицу массы	4×10^{-10} Вт/кг

Представление о нашей планете, как системе взаимодействующих геосфер, диктует необходимость выделения и установления взаимных связей между различными процессами в геосферах. При этом геосферы не выступают как независимые, а под действием как внешних, так и внутренних возмущений непрерывно взаимодействуют друг с другом, обмениваясь энергией, импульсом и массой [Зецер 2009]. Однако конкретные формы и механизмы взаимодействия не так однозначны и слабо изучены. Традиционно наибольший интерес представляют нелинейные взаимодействия, определяемые достаточно сильными возмущениями, когда, либо возбуждаются несколько геосфер, либо реакция отдельной геосферы на такое возмущение настолько сильна, что возмущение передается на соседние геосферы [Адушкин, Зецер 1994].

Наибольший интерес представляет исследование межгеосферных взаимодействий на границе земная кора — атмосфера, которая характеризуется высококонтрастными изменениями свойств контактирующих сред и где, по современным данным, потоки массы и энергии значительны [Новик 2001; Резанов 2002]. Исследования геодинамических процессов, развивающихся в пределах указанной границы, проводятся в интенсивно развивающемся в последнее время разделе науки «Приповерхностная геофизика» [Slater 2006]. Эти исследования наиболее важны для определения условий обитания человека, их изменений и для предупреждения последствий катастрофических процессов опасных для человека [Экология человека... 2006].

Несмотря на значительный интерес к проблеме, выполняемые исследования не в полной мере объединены идеологически и концептуально и достаточно разрознены. В настоящее время наиболее полно исследования межгеосферных процессов проводятся в ИДГ РАН в рамках научного направления «Взаимосвязанные процессы на границах внутренних и внешних геосфер», нацеленного на исследование условий и механизмов взаимодействия геосфер, прежде всего, в окрестностях земной поверхности с определением условий влияния процессов, протекающих на границе земная кора-атмосфера, на удаленные геосферы, включая ионосферу, а также процессов и явлений во внутренних областях Земли [Спивак 2009]. Основные направления вышеуказанных исследований, структура выполнения исследований представлены на рисунках 1, 2.

Как видно из приведенных рисунков, обычно основное внимание уделяется процессам, происходящим в земной коре, в меньшей мере в атмосфере, и практически не исследуются взаимодействия геосфер на границе литосфера-биосфера.

В формировании режимов и динамики взаимодействия литосферы, атмосферы и ионосферы значительную роль играют разломно-блоковые структуры земной коры, в первую очередь разрывные нарушения. Особенности структуры и свойства тектонических зон определяют не только глубинную дегазацию и повышенную релаксацию горных пород, но и условия для формирования источников электромагнитных сигналов и обмен энергией между геофизическими полями разной природы, в т.ч. внешними и внутренними. Наличие глубинных разломов является одной из характерных черт литосферы, которые в период своего активного существования служат флюидопроводниками. Между нижними уровнями проникновения разломов в литосферу и дневной поверхностью существуют градиенты T (до 1000°C) и P (до 46—50 кбар), которые являются движущей силой переноса флюидов (по сути высокотемпературного электролита) [Экология человека... 2006].

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
 В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ



Рис. 1. Основные направления исследований [Спивак 2009]

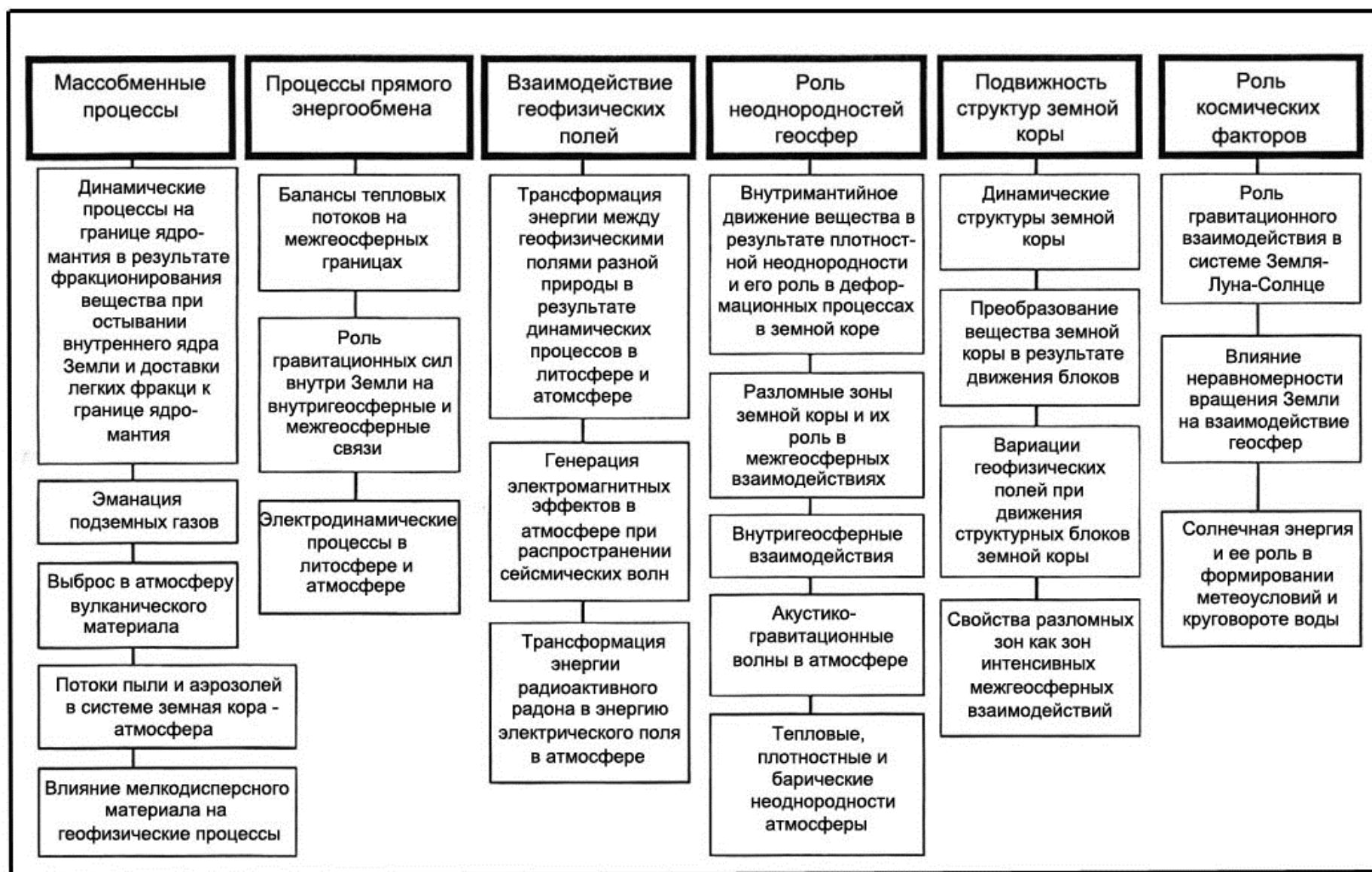


Рис. 2. Структура выполнения исследований по направлениям [Спивак 2009]

В тоже время исследование межгеосферных процессов, происходящих в области развития тектонических нарушений и, особенно, узлов их пересечений на настоящий момент развито слабо, хотя свидетельства таких процессов достаточно многочисленны.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

Так, например, отчетливо проявляется связь между полями напряжений в земной коре и структурой геомагнитных вариаций, причем на разных иерархических уровнях [Чистова, Кутинов 2000]. Нами ранее проводилось сопоставление характера пространственного распределения Dst-вариаций [Файнберг 1975] с деформационными полями. Наблюдается пространственное совпадение радиальной компоненты H_r^a аномального внутреннего поля первой временной гармоники Dst-вариаций с глобальным распределением полей деформаций. Отчетливо выделяется нулевая область, разделяющая Европу и Азию по Уралу (рис. 3). При этом не учитывается характер изменения атмосферного давления, геомагнитных вариаций и дегазации в зонах разломов, особенно на локальном уровне, хотя такие факты неоднократно указывались в научной литературе.

На более детальной карте модуля радиальной компоненты, построенной для периода $T = 24$ ч [Файнберг и др. 1975], отчетливо просматривается область смены знака, разделяющая Западно- и Восточно-Европейскую платформы (рис. 4). Практически все гармоники Dst-вариаций отражают геодинамически различные и разноранговые регионы и глобальные (панрегиональные) структуры. Механизм этого процесса остается дискуссионным.

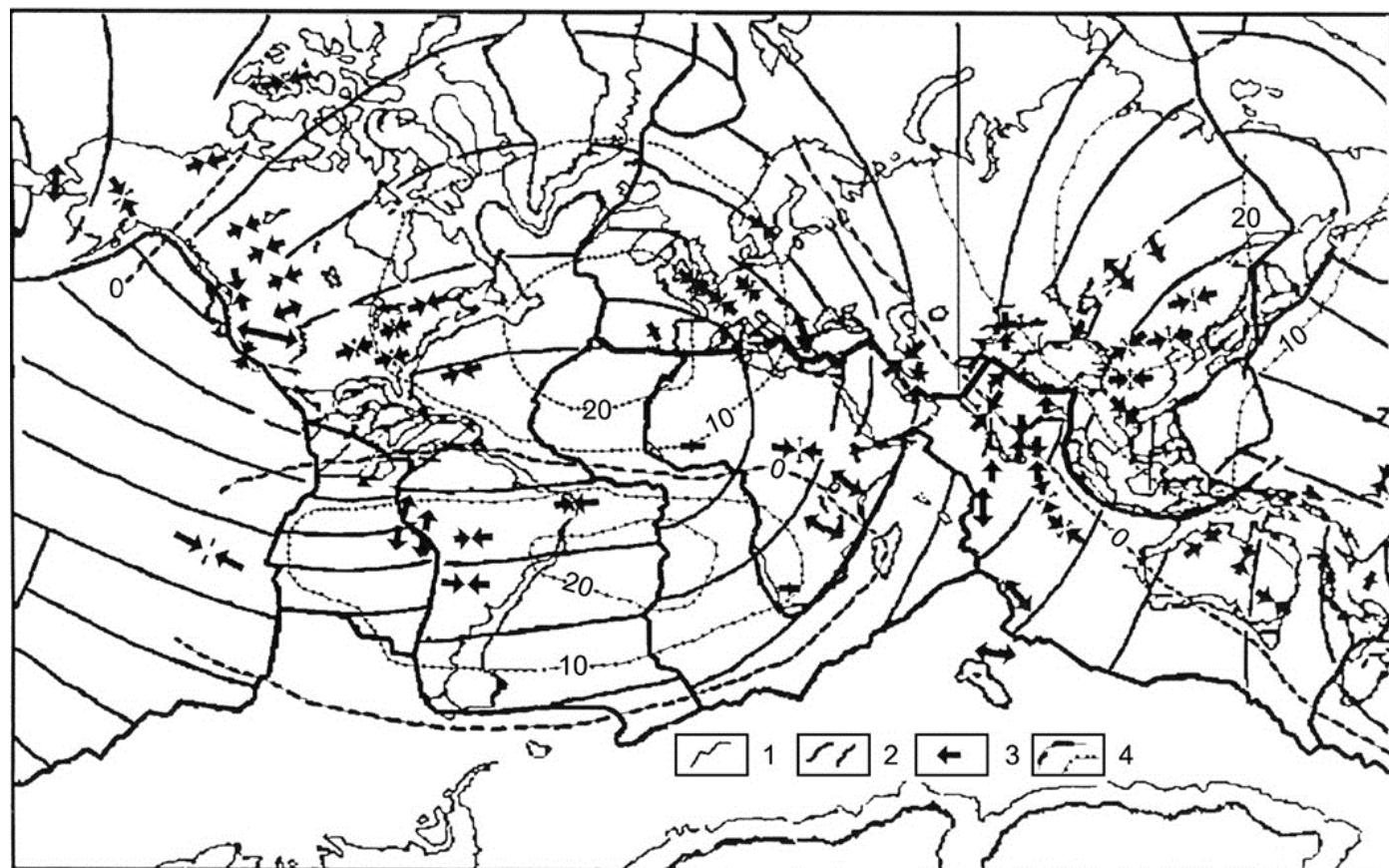


Рис. 3. Карты сопоставления характера Dst-вариаций с деформационными полями [Чистова, Кутинов 2000]: 1 — границы литосферных плит; 2 — изолинии деформационного поля; 3 — оси напряжений; 4 — изолинии максимальной депрессии поля геомагнитных вариаций Dst-1, сечение изолиний 5×10^4 А [Файнберг и др. 1975]

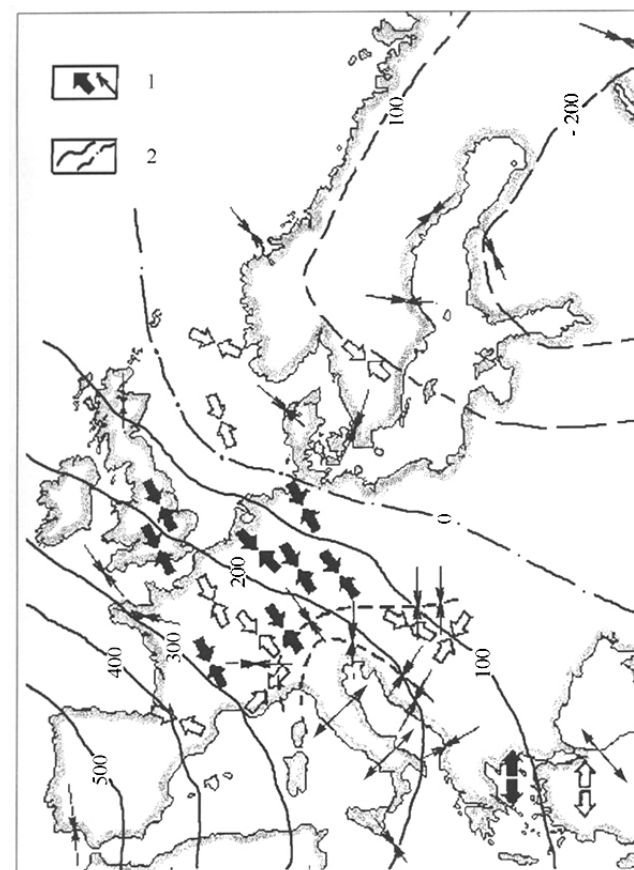


Рис. 4. Карта сопоставления характера Dst-вариаций с деформационными полями для территории Европы [Чистова, Кутинов 2000]: 1 — ориентации главных осей в поле упругих напряжений; 2 — изолинии модуля радиальной компоненты H_r^a для первой гармоники вариаций Dst-1 [Файнберг и др. 1975]

Можно согласиться с предположением, высказанным в работе [Файнберг и др. 1975], что это результат возникновения во время геомагнитных бурь крупномасштабных систем электрических токов в районах океанов за счет более высокой проводимости морской воды. В тоже время океанический эффект даже с учетом влияния зон сочленения океанов и континентов не объясняет пространственного совпадения Dst-вариаций с деформационными полями литосферных плит. Авторы считают более правдоподобным возникновение такого эффекта за счет периодического изменения напряженно-деформированного состояния земной коры и мантии в результате воздействия вращения Земли. При этом возникающие наведенные токи распространяются в первую очередь по ослабленным зонам и сопровождаются глубинной дегазацией, сменой состава (ионной миграцией) элементов подземных вод. Такой механизм похож на процесс возникновения геоиндукционных токов (ГИТ) вдоль линий электропередач.

Таким образом, вопрос о механизме воздействия на окружающую среду разломов нуждается в дальнейшем изучении, так же как и роль каждого из факторов, сопровождающих это природное явление. В последнее время появляются публикации, посвященные отдельным аспектам воздействия тектонических нарушений на состояние окружающей среды, однако до получения полной картины еще достаточно далеко. Наименее изученными являются так называемые «энергетические» свойства тектонических нарушений. Индикаторами разломов в геофизических полях являются, как известно, изменения электромагнитного поля и поля силы тяжести.

Обычно неотектонические подвижки платформенных территорий характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды перемещения, сопровождающимися вариациями интенсивности дегазации и подтока

**Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ**

минерализованных вод, электромагнитного поля и изменениями облачности вдоль дислокаций. Иначе обстоит дело с узлами пересечения тектонических нарушений, которые, как правило, представляют собой сложно построенные в вертикальной и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины. Т.е., это вертикальные высокопроницаемые области, обеспечивающие постоянный приток флюидов и глубинных газов. Иначе говоря, возникает и функционирует постоянный глубинный стволый канал повышенного тепло-массообмена за счет взаимодействия динамопар глубинных дислокаций, который нередко сопровождается повышенной сейсмичностью. При этом узлы пересечения тектонических нарушений, имея сложную структуру поля проводимости, могут являться источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного (своего рода магнитные диполи) и параметры барического полей и таким образом воздействовать на состояние окружающей среды, в т.ч. и на здоровье населения. В сочетании с подтоком флюидов и глубинных газов они создают локальные аномальные участки.

Данные наших исследований свидетельствуют о наличии воздействия тектонических нарушений на окружающую среду, в первую очередь за счет возникновения наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля и, возможно, за счет акустического воздействия. Наблюдается встречная система «воздействие-отклик», т.е. не только изменение геомагнитного поля и атмосферного давления воздействуют на напряженно-деформированное состояние геологической среды, но и сама среда воздействует на гелио-метеорологические параметры.

Основной целью исследования являлась разработка комплексной модели межгеосферного взаимодействия (литосфера, атмосфера, гидросфера, биосфера и, частично, ионосфера) в районах тектонических узлов на территории Севера Русской плиты.

Методика

На территории севера Восточно-Европейской платформы подавляющее большинство разломов являются нарушениями со смещением слоев в теле фундамента, а в осадочном чехле им обычно соответствуют узкие зоны трещиноватости, флексуобразные перегибы. [Кутинов, Чистова 2004]. Свойства разломов оказывают непосредственное влияние на выбор методики среднемасштабного картирования. Методика выделения систем разломов, узлов, обработки космоснимков, измерения барического поля подробно изложены в работах [Кутинов, Чистова 2004; Кутинов и др. 2011].

Исследования флуктуаций атмосферного давления были проведены по региональным профилям в движении по аналогии с классическими геофизическими измерениями по прямому и обратному ходу: Архангельск — Москва (вдоль ж.д.); Архангельск — Череповец — Рыбинск — Москва и Архангельск — Москва (вдоль трассы М8); Архангельск — Красноборск; Архангельск — Котлас — Сыктывкар (вдоль ж.д.); Архангельск — Оленегорск, Архангельск — Пинега и др. Масштаб исследований — 1:200000 с детализацией в масштабе 1:100000 (рис. 5).

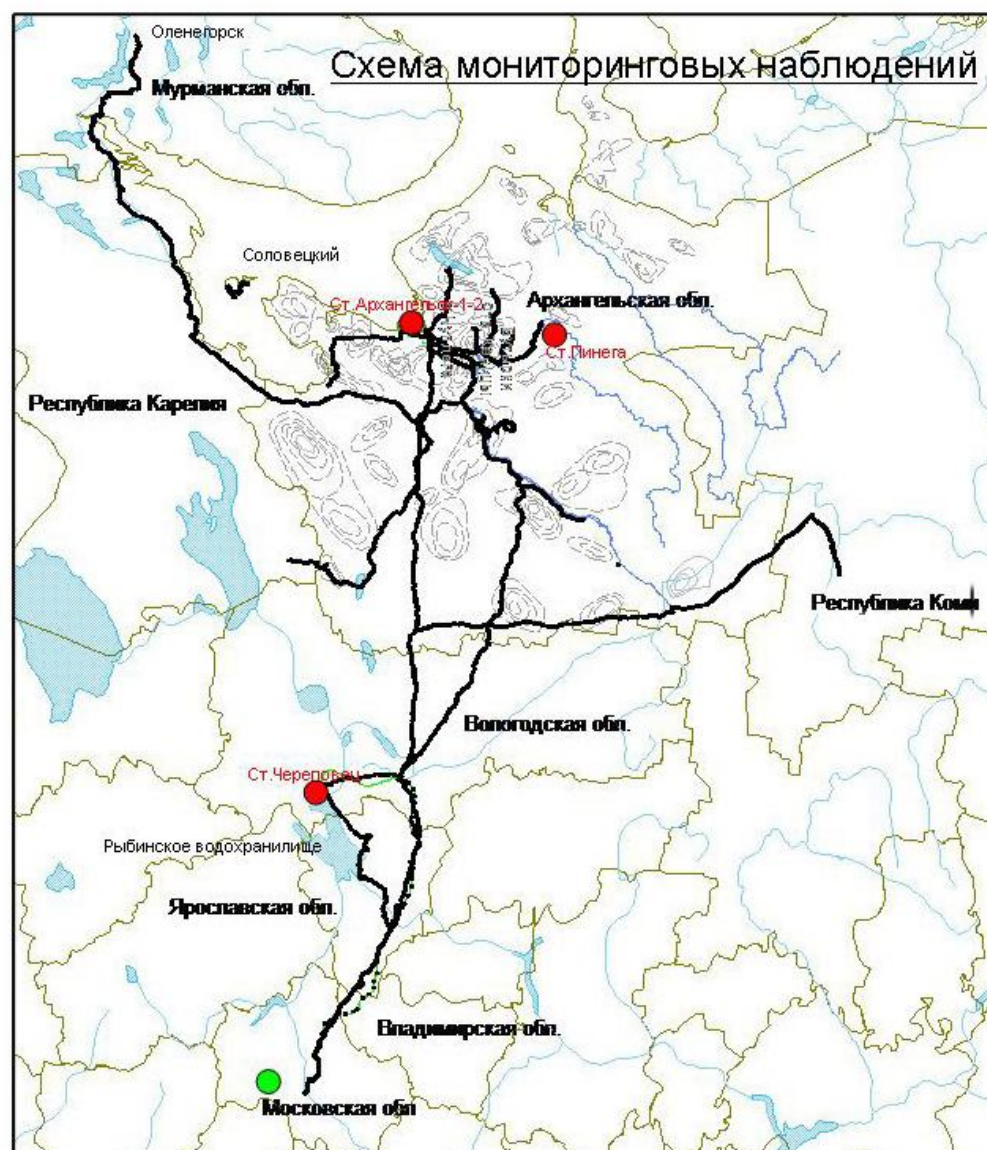


Рис. 5. Общая схема мониторинговых наблюдений
(красными точками показаны места размещения метеостанций)

**Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ**

Исследования были проведены по региональному профилю Архангельск — Рыбинское водохранилище для изучения отражения границы между Мезенской и Московской синеклизами в метеопараметрах и содержании кислорода в приземном слое воздуха с шагом 5 км (2229 п. км измерений, 1740 точек).

Измерения проводились также и по локальным профилям:

- Архангельск — Чуплега для выявления сезонной составляющей в содержании кислорода в приземном слое атмосферы и в структуре барического поля на периферии Холмогорского тектонического узла (шаг 2000, 1000 м и 500 м);
- на площади Холмогорского тектонического узла для уточнения структуры барического поля;
- на Вельско-Устьянском тектоническом узле. Шаг — 500 м;
- на территории островов Соловецкого архипелага для изучения проявления мантийного диапира в барическом поле и содержании кислорода в приземном слое воздуха. 595 точек измерений, шаг съемки: 500 м, 100 м, 50 м. 98 п. км маршрутных измерений.

Замеры проводились в автомобильном и пешеходном вариантах с координатной привязкой. Измерения атмосферного давления производились профессиональной метеостанцией WRM 918H (HUGER GmbH, Germany), с использованием модернизированного баротермогигрометра (model No BTHR918N) из комплекта метеостанции (дискретность замеров изменена с 15 мин на штатном датчике в автоматическом режиме до 1 мин ручном режиме). Привязка точек измерений осуществлялась GPS Garmin III Plus и Garmin Map 276C (Garmin Corporation Ltd, USA) с автомобильной антенной PHOENIX (model No DIA-1575). Замеры производились в режиме 3D в системе координат WGS 84. Данные координатной привязки обрабатывались в ПО MapSource и выносились на электронную карту, созданную в ГИС-среде MapInfo. Туда же выносились и данные атмосферного давления в режиме связанных таблиц. Графики и карты строились в MapInfo и Excel. Фоновые и аномальные значения атмосферного давления в эти дни измерялись в гг. Архангельске, Череповце и п. Пинега, синхронно с выполняемыми маршрутами и однотипной аппаратурой. В г. Архангельске и п. Пинега были размещены метеостанции WMR-918 H (производитель Huger Ltd., Germany), в г. Череповце — метеостанция Digital Remote Pro Weatherstation (ART 02935, производитель Termometerbriken Viking AB, Sweden). Обе станции снабжены почасовым сумматором атмосферного давления. На станции в п. Пинега (WMR-918 H) в мониторинговом режиме фиксировались следующие параметры: атмосферное давление, температура воздуха, направление ветра, скорость порыва ветра, температура порыва ветра, количество осадков, градиент количества осадков. Запись осуществлялась в автоматическом режиме на электронный носитель.

Параллельно измерения атмосферного давления и содержания кислорода в приземном слое атмосферы производились полевым газоанализатором ECOPROB-5 (RS DYNAMICS, Чешская Республика) в автоматическом режиме (интервал — от 5000 до 100 м). Прибор имеет собственную систему GPS-привязки и оснащен фотоионизационным детектором ФИД и инфракрасным детектором ИК, возможно измерение также значений температуры и атмосферного давления. Качественно новый уровень исследований обеспечивается одновременным измерением суммарной концентрации газов в почве и приземном слое атмосферы (с помощью ФИД детектора) и четырехканальным выборочным анализом содержания метана, окиси углерода, кислорода и углеводородов нефти (с помощью ИК детектора). В 2009—2011 гг. проводились замеры содержания кислорода в приземном слое атмосферы на площади Холмогорского узла по трассе Архангельск — Пинега во время прохождения «статичного временного атмосферного минимума» [Чистова и др. 2008] с целью выделения межгодовой изменчивости. Шаг замеров — 500 м. Такие же замеры были проведены и на площади Вельско-Устьянского тектонического узла.

В процесс исследования возмущенной части вариаций магнитного поля были включены: диаграммный анализ светового интервала суток по дням в пределах месяца с целью качественной оценки всех присутствующих периодов колебаний; амплитудно-частотный анализ исследуемых временных рядов с целью выделения полного спектра колебаний; спектрально-временной («СВАН») анализ высокочастотного интервала с целью выявления короткопериодических колебаний, периоды которых находятся в диапазоне до 180 секунд, совпадающих с периодами собственных колебательных движений внутренних органов человека.

Изучение вариаций базировалось на материалах высокоточных магнитных измерений с использованием ММП-203М-1; точность замера 0,1 и 1,0 нТл; через 15, 20, 30 секунд. Общее количество календарных лет включенных в анализ — 14 (с 1979 по 1990, 1992, 1995, 1999 гг.); полных месяцев — 65; суммарное время наблюдений — 10740 часов. В результате выявлен максимально полный спектр колебаний, характеризующий возмущенные вариации переменного магнитного поля региона.

На региональном уровне был проведен анализ площадной структуры растительного покрова в зависимости от степени дезинтеграции земной коры на основе данных дистанционного зондирования Земли (2 спектральных снимка «Landsat-7» за 18.07.2000 г. и 12.07.2001 г.).

Методика измерения осадков сводилась к следующему: в период экспедиционных работ (июль-сентябрь) 2006—2011 гг., ежедневно фиксировалась частота выпадения осадков в центре узла и на его периферии. В центре и на периферии узла на открытом месте в 4-х повторностях были установлены сосуды площадью 69,4 см² каждый. Четырехкратная повторность опыта в данном случае означает, что в местах проведения наблюдений (центр тектонического узла и периферия) было выставлено по четыре осадкомера. Расстояние между ними в местах наблюдений составляло около 5 метров. Места их расположения имеют координатную привязку (GPS Garmin III Plus). Раз в пять дней осадки из них сливались и взвешивались, за-

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
 В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

тем помещались в отдельные емкости и в конце периода наблюдений, снова взвешивались. В 2009—2011 гг. проводилось изучение содержания минеральных питательных элементов в почве в тектонических узлах. В качестве диагностических были выбраны подвижные формы фосфора и калия, также анализировалось содержание железа и магния. Пробы отбирались в едином геоморфологическом типе ландшафта, представленным слабовсхолмленной моренной равниной на абсолютных отметках 70-100 м. Глубина взятия образцов определялась зоной основного распределения активной зоны корневой системы растений (до глубины 30 см). При анализе распространения пожаров от гроз использовалась Ведомость лесных пожаров агентства лесного хозяйства по Архангельской области и НАО за период 2005—2009 гг. В анализ включены 25 лесных пожаров от молний, которые произошли на Беломорско-Кулойском плато (минимальное антропогенное воздействие). Участки наибольшей концентрации пожаров от гроз объединялись в кластеры.

Результаты

Статистический анализ азимутального распределения длин и частот элементов-индикаторов разломов в физических полях и природной обстановке показал, что одни и те же направления имеют максимальное представительство на космофотоснимках и геоморфологических материалах, отражающих современные напряжения в земной коре, и в потенциальных полях, фиксирующих в основном строение докембрийского фундамента [Кутинов, Чистова, 2004] (рис. 6).

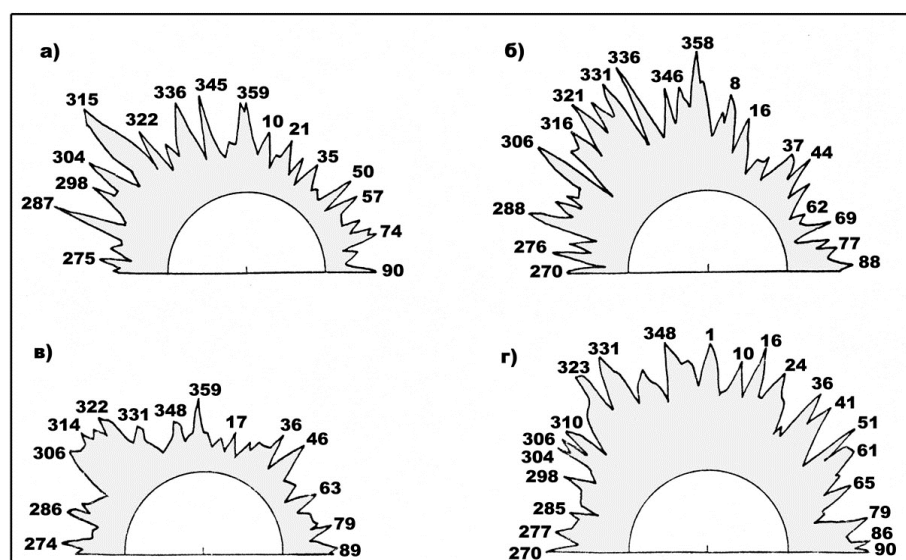


Рис. 6. Розы-диаграммы элементов-индикаторов разломов территории Архангельской области (обработка данных масштаба 1:200000) [Кутинов, Чистова, 2004]:

А — поля силы тяжести; Б — магнитного поля; В — космофотолинеаментов; Г — гидросети

В то же время территория севера Русской плиты является крупнейшей «аномалией» валдайского оледенения, во многом сгладившего физиономические черты неотектонического ландшафта. Широкое развитие бореальных лесов также затрудняет выделение тектонических структур.

Нами в 2000—2011 гг. изучались процессы взаимодействия геосфер в тектонических узлах на территории севера Русской плиты. В результате многочисленных актов тектоно-магматической активизации (рис. 7) в районах тектонических узлов Севера Русской плиты сформировались глубинные вертикальные высокопроницаемые структуры, где на современном этапе

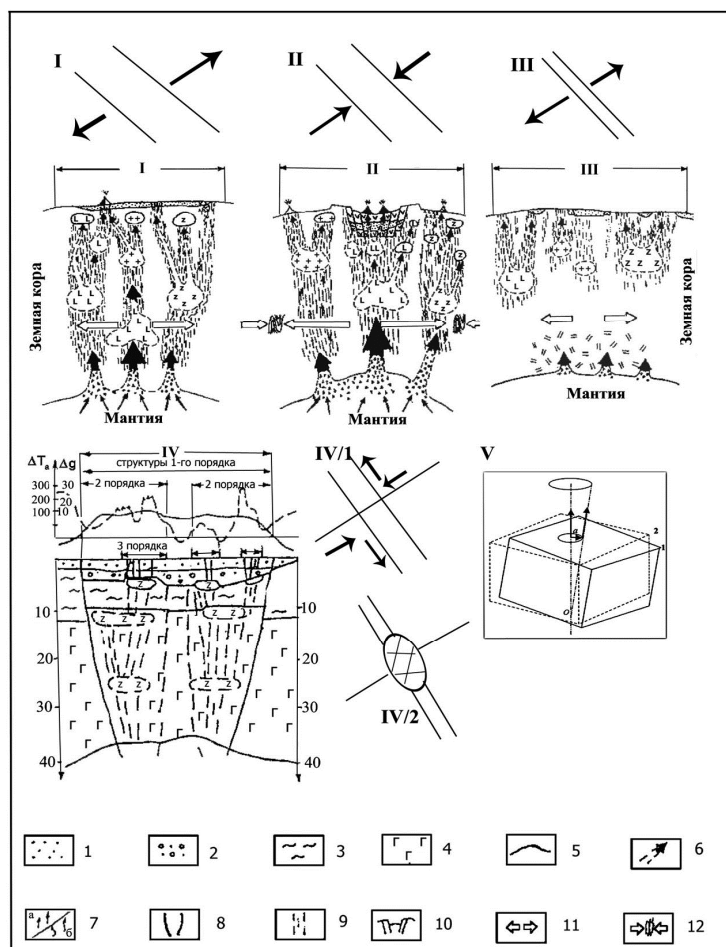


Рис. 7. Модель эволюции тектонических нарушений

I—III — стадии развития [Магматизм... 1993]; I — зарождения и созревания; II — активного рифтогенеза; III — затухания; IV — палеозойская тектоно-магматическая активизация рифейского палеорифта [Чистова 1996]: IV/1 — вендская активизация, IV/2 — образование вертикальной высокопроницаемой структуры (герцинский этап); V — современный этап: схема прецессии структурного блока земной коры [Спивак и др. 2009]

1 — осадочные отложения; 2 — рифейские осадочно-вулканические отложения; 3 — гранитно-метаморфический слой; 4 — базальтовый слой; 5 — поверхность Мохо; 6 — высоко проницаемая вертикальная мантийная колонна; 7 — теплопоток (а), флюидные потоки (в); 8 — конические разломы; 9 — зоны проницаемости (трещиноватости, разломы); 10 — осевые грабени; 11 — направление и интенсивность растяжения; 12 — зоны сжатия.

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
 В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

наблюдается встречная система «воздействие-отклик», т.е. не только изменение внешних геосфер воздействуют на напряженно-деформированное состояние геологической среды, но и сама среда воздействует на гелио-метеорологические параметры и, как следствие, на состояние окружающей среды.

По полученному комплексу натуральных данных и теоретического обобщения была разработана модель взаимодействия геосфер в районах тектонических узлов (рис. 8) на уровне литосфера-гидросфера-биосфера-атмосфера и, частично, ионосфера. Вкратце результаты выглядят следующим образом.

Фундамент. Региональные тектонические узлы образованы пересечением рифейских грабенов северо-западного и трансблоковых зон меридионального и северо-восточного простираний. Узлы их сопряжения, характеризуются высокой блоковой делимостью, повышенной сейсмичностью и аномальными значениями теплового поля. Господствующее простирание разрывных нарушений — северо-восточное и субмеридиональное, существенно подновлялись и рифейские структуры северо-западного простирания. Т.е. система разломов представляла собой динамо-пару, функционировавшую в режиме растяжения-сжатия, и на пересечении разноориентированных дислокаций возникал вертикальный глубинный стволочный канал с аномальными свойствами среды (рис. 7).

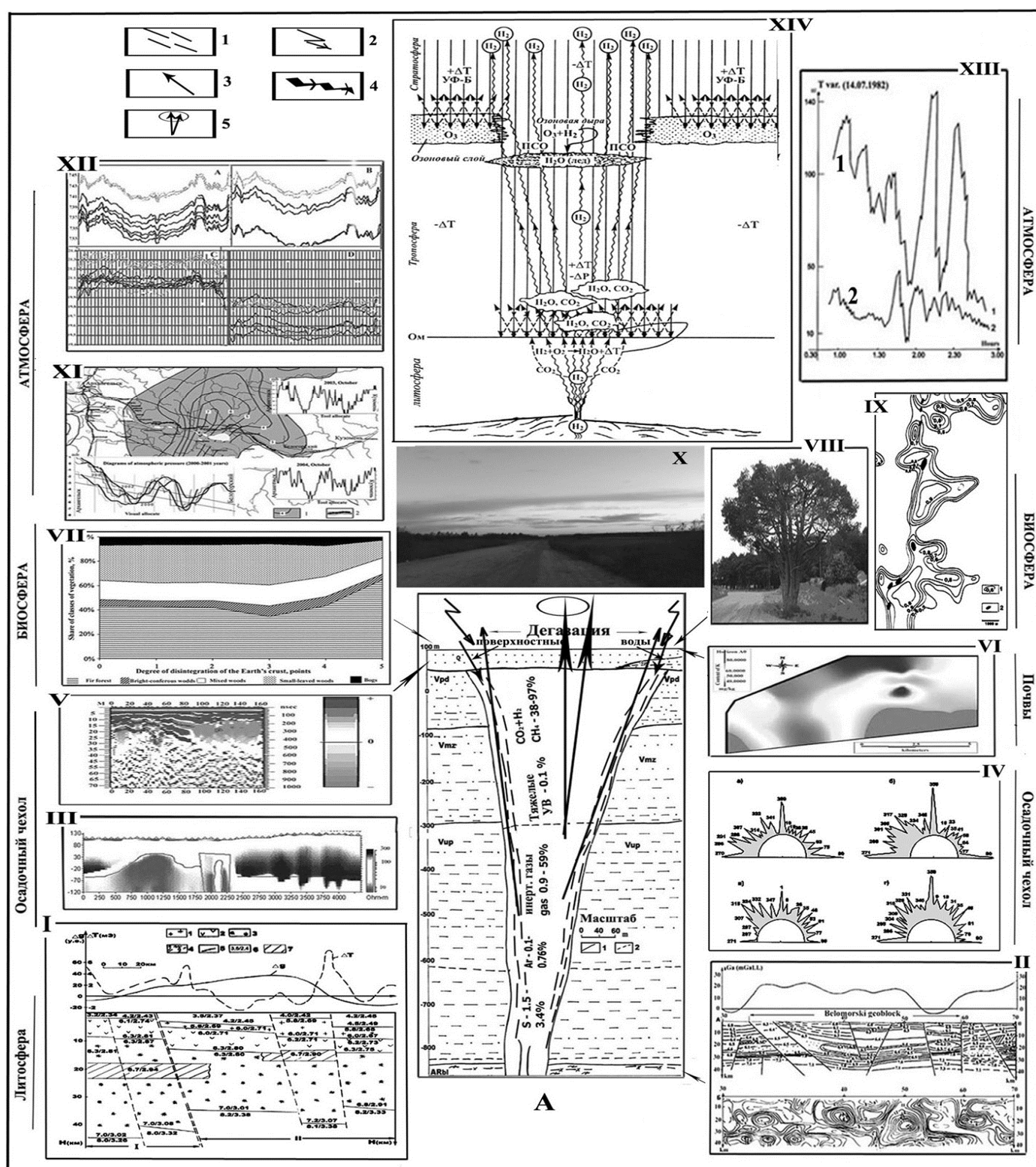


Рис. 8. Модель взаимодействия геосфер в районах тектонических узлов

А — строение тектонического узла; **Литосфера: I—II** — разрез по профилям ГСЗ [Кутинов, Чистова 2004]; **III** — геоэлектрический разрез [Коротков и др. 2007]; **IV** — розы-диаграммы элементов индикаторов разломов: **а** — поля силы тяжести; **б** — магнитного поля; **в** — космофотолинеамента; **г** — гидросети; **в** — результаты георадиолокационных исследований; **почвы: VI** — содержание К в горизонте А0; **биосфера: VII** — структура растительного покрова [Гофаров и др. 2006]; **VIII** — дихотомия деревьев; **IX** — характер распределения корреляции между Mn и Zn в коре деревьев [Главатских 1992]; **атмосфера: X** — структура облачности; **XI** — строение атмосферного минимума; **XII** — графики атмосферного давления и содержания кислорода; **XIII** — графики магнитных вариаций в тектоническом узле и за его пределами [Кутинов, Чистова 2004]; **XIV** — модель воздействия потока глубинных газов [Сывороткин 2002]

1 — зоны повышенной раздробленности и подтока глубинных газов и минерализованных вод; **2** — участки повышенной плотности гроз; **3** — потоки ультрафиолета; **4** — потоки газов; **5** — схема прецессии структурного блока (тело разлома) [Спивак и др. 2009]

Венд-палеозойский осадочный чехол. Как указывалось выше, подавляющее большинство разломов — нарушения со смещением слоев в теле фундамента, а в осадочном чехле им соответствуют узкие зоны трещиноватости, флексуриобразные перегибы. Иначе обстоит дело с тектоническими узлами, представляющими собой сложно построенные как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины (вплоть до поверхности Мохо). Т.е., на пересечении сдвиговых структур с нарушениями других простираний может возникать вертикальный канал, образованный по типу трансформных разломов.

По узлам тектонических нарушений наблюдается подъем глубинных минерализованных вод венда (рис. 8, А, III),

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

являющихся транспортером глубинных газов и проникновение поверхностных вод. Узлы тектонических нарушений, имея сложную структуру проводимости (рис. 8, А, III), могут являться источниками наведенных вихревых токов, изменяющих общую картину геомагнитного поля (своего рода природные диполи) (рис. 8, XIII).

В верхней части разреза наблюдаются палеодолины сложного строения с глубиной вреза до 200 м, являющиеся «гидрогеологическими окнами». Наблюдается усиленный водообмен между поверхностными и глубинными горизонтами, который характерен не только для палеодолин, но и для зон повышенной трещиноватости (рис. 8, А, III, V). К верхней части разреза приурочены и комплексные геохимические аномалии. О протекающих здесь гидрохимических процессах указывает и повышенная намагниченность четвертичных отложений [Кутинов, Чистова, 2004].

Педосфера. Результаты исследований содержания калия и фосфора в почвах в районе тектонического узла показывают, что чем ближе к центру узла пересечения тектонических дислокаций, тем содержание исследуемых элементов выше (рис. 8, VI).

Биота. Наблюдается изменение площадной структуры растительного покрова в узлах тектонических нарушений (рис. 8, VII). С ними также пространственно совпадают места гибели морских звезд и рыб, дихотомии деревьев (рис. 8, VIII), участки загрязнения почв и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев (рис. 8, XI). Т.е., возможен подток минерализованных вод и дегазация из глубоких горизонтов земной коры. К тому же, во время магнитных бурь не исключено и изменение ионного состава вод. Не меньшее значение имеют и газовые составляющие зон региональных разломов.

Атмосфера. В результате измерений атмосферного давления над тектоническими узлами был установлен факт постоянного «дефицита» атмосферного давления. Минимумы имеют сложное строение с повышением значений в центре и понижением по периферии (рис. 8, XI). Измерения, проведенные в разные годы, показывают, что выделенные минимумы являются статичными и не претерпевают сезонных изменений. Такое строение барического поля обеспечивает ускоренное выпадение атмосферных осадков: жидкие осадки в центре тектонических узлов выпадают значительно реже, а их количество на 26—38 % меньше. Такое распределение осадков влияет и на растительные сообщества (рис. 8, VII) и на распределение элементов в почвах (рис. 8, VI). В 2008—2011 гг. были проведены измерения атмосферного давления по профилю Архангельск — Пинега для уточнения динамики изменения содержания кислорода в приземном слое атмосферы на площади тектонического узла. Несмотря на практически полную сходимость графиков атмосферного давления, картина содержания кислорода в разные годы различна (рис. 8, XII). Тем не менее, во всех случаях было зафиксировано снижение содержания кислорода по периферии узла, что связано, по мнению авторов, с подтоком глубинных газов, в первую очередь CO, что подтверждается характером распределения «озоновых дыр» над территорией Севера Русской плиты [Сывороткин 2002] (рис. 9).

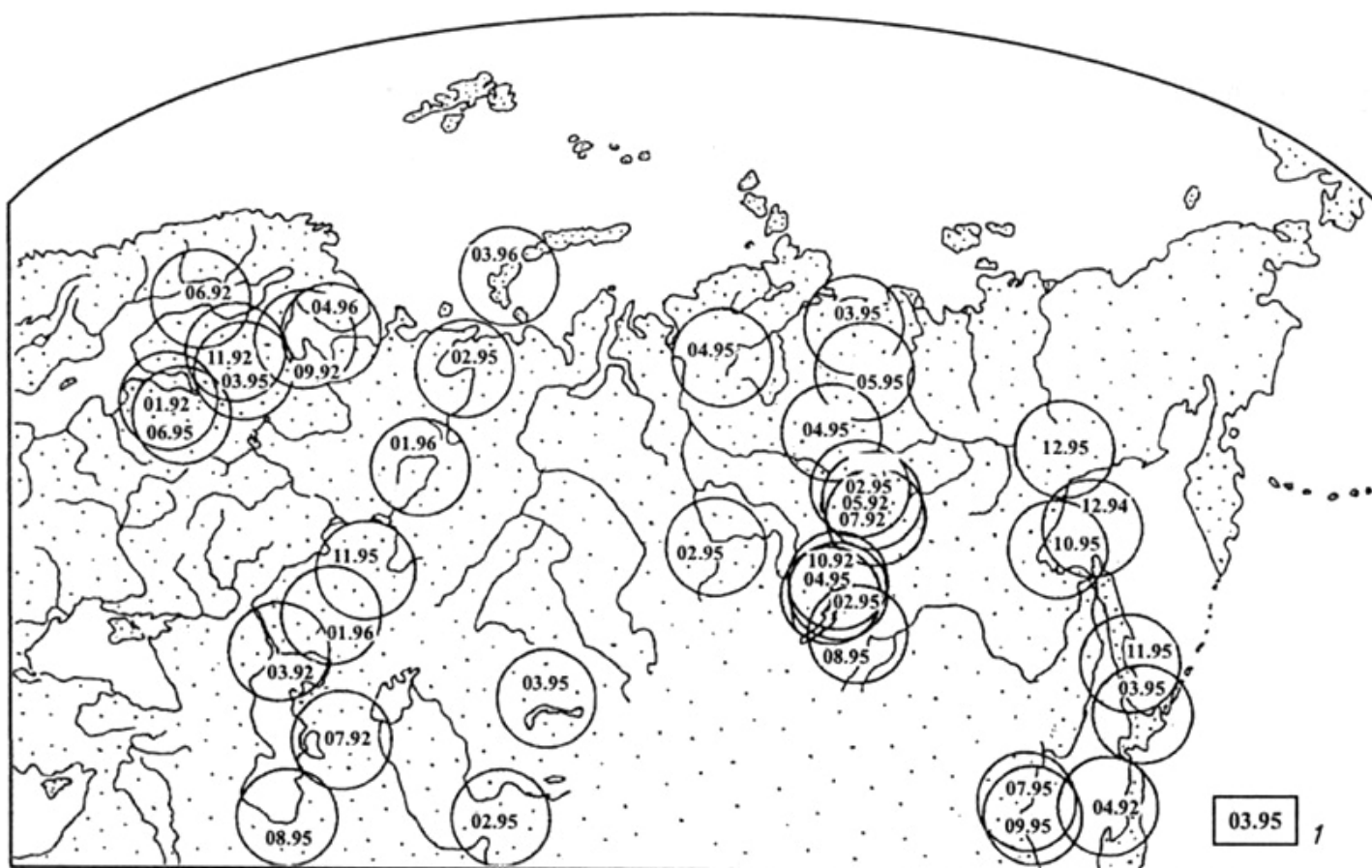


Рис. 9. Центры озоновых аномалий над территориями России и сопредельных стран в 1992, 1995, 1996 гг.
[Сывороткин 2002]

Природа изменения барического поля над тектоническими нарушениями нуждается в дальнейшем исследовании, т.к. оно обусловлено целым набором далеко не равновесных факторов, проявленных с разной интенсивностью в зависимости от конкретных геологических условий, изменяющихся во времени и пространстве. В первом приближении — это

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

глубинная дегазация по разломам в земной коре и возникновение наведенных теллурических токов. Учитывая выявленные различия в структуре барического поля над современными геодинамически активными и более древними тектоническими структурами, можно предположить, что в первом случае, возможно, доминирует глубинная дегазация, а во втором добавляется и воздействие теллурических токов, связанных с подвижками вдоль разломов и миграцией очагов землетрясений, т.е. постоянной сменой напряженно-деформируемого состояния. На **рис. 9** отчетливо видно, что центры озоновых аномалий образуют пять обособленных групп, четыре из которых имеют отчетливо выраженную субмеридиональную группировку. Это Урало-Каспийская, Западно-Сибирско-Памирская, Восточно-Сибирская и Сахалино-Индигирская [Сывороткин 2002]. Пятая обособленная группа центров (Беломорско-Балтийская) расположена над северо-западом европейской части России. Она относительно изометрична в плане. Основная часть центров аномалий общего содержания озона (ОСО) расположена здесь над Белым морем и Кольским полуостровом. Изометричная форма, вероятно, обусловлена наличием здесь морфоструктурного узла сочленения Беломорского мегаблока и Балтийско-Мезенской трансблоковой зоны. Наблюдается также и временная корреляция между эндогенной активизацией Скандинавии и Беломорского региона и разрушением над ними озонового слоя [Сывороткин 2002]. В последние годы здесь увеличилась скорость воздымания территории (до 10 см в год) и увеличилась частота сейсмических событий, усилилось и выделение радона. В этом районе расположены и трубки взрыва, которые могут быть мощными источниками водорода.

Механизмы дегазации достаточны сложны и многогранны. Обобщенная модель прохождения мантийного водородного потока в литосфере показана на **рисунке 10**.

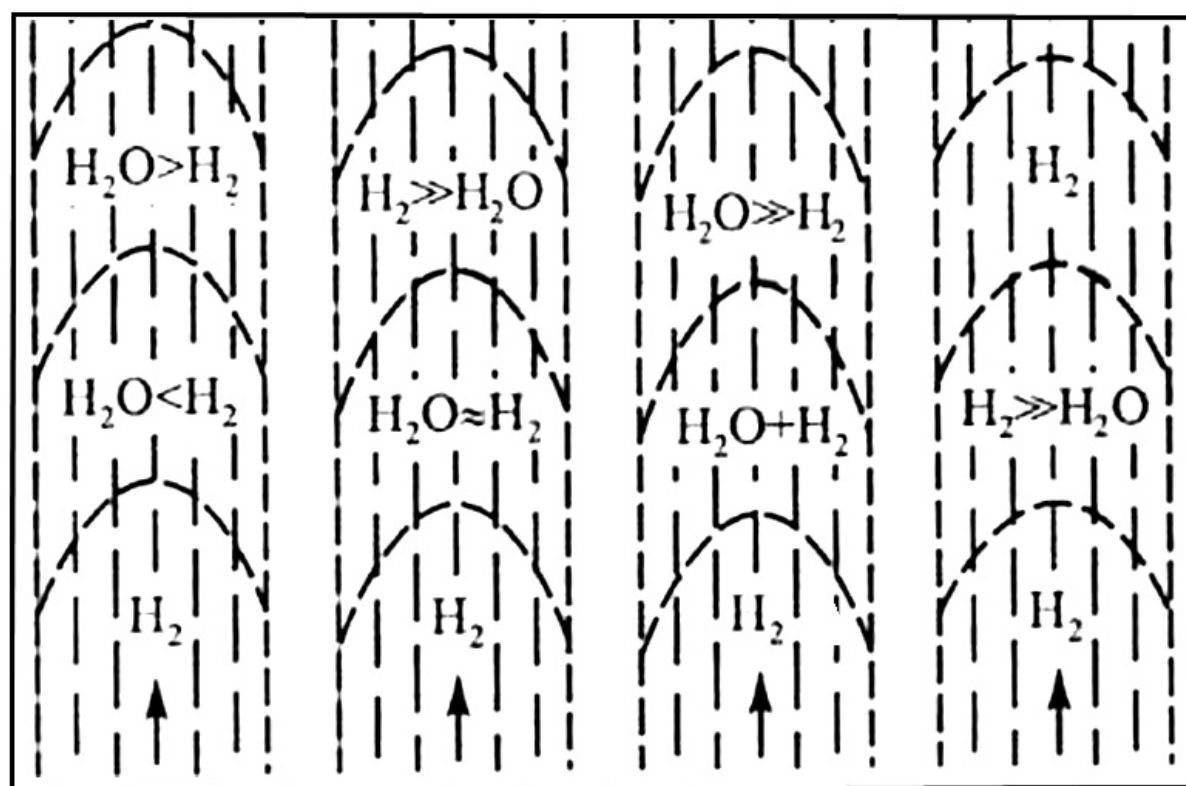


Рис. 10. Строение водородной флюидной колонны при различных соотношениях скорости химических реакций (V) и скорости потока (K) [Летников 1992]

Пояснения к этой модели даны по [Сывороткин, 2002]:

1 — $K \gg V$. В этом случае неизбежно обогащение головной части флюидной колонны H_2O и развитие на этой основе гидратации минералов и экстракции во флюидную фазу многих петрогенных и рудных компонентов, поскольку их растворимость в воде ниже, чем в восстановленном существенно водородном флюиде. В нижней переходной зоне, где $H_2 \sim H_2O$ возможно выделение двух подзон: верхней с $H_2O \gg H_2$ и нижней, пограничной, где $H_2 \gg H_2O$, переходящей собственно в водородную зону.

2 — $V \gg K$. Скорость флюидного потока велика, и H_2 обогащает головную часть колонны. Это приводит к созданию в породах сугубо восстановительной обстановки с образованием «сухих» парагенезисов, сульфидной и самородной минерализации. Наложение на нее существенно водно-водородной части колонны приведет к развитию явлений гидратации, окислению самородных форм углерода в CO и CO_2 , развитием в связи с этим явлений карбонатизации. Наложение корневых собственно водородных флюидов должно привести к инверсии флюидного режима на резко восстановительный. Т.е. будут фиксироваться 2 этапа минералообразования в восстановительных и один в окислительных условиях.

3 — $K \sim V$. В головной части колонны формируется водно-водородный флюид с тенденцией к обогащению верхних и обеднению H_2O нижних горизонтов этой зоны. Поток обусловит его преобладание в средней зоне, т.к. буферная емкость пород по отношению к H_2 конечна и тенденция к чисто водородному флюиду будет нарастать с глубиной.

4. Ситуация, когда вся вода, являющаяся продуктом окисления H_2 , будет связываться в гидросодержащих минералах. В ходе этого своеобразного «буферирования» (по [Сывороткин 2002]) неизбежно преобладание водородного потока в го-

**Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
 В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ**

ловной части колонны. Учитывая наличие аномалий ОСО над Белым морем (рис. 9), здесь работает, скорее всего, второй и четвертый вариант модели Ф.А. Летникова (рис. 10). Реализация второго варианта, с высокой скоростью флюидного потока, возможна в условиях геодинамического растяжения [Сывороткин 2002], т.е. в рифтовых зонах, и вполне подходит к геодинамическим условиям активизированного Кандалакшского грабена. На существование восходящих потоков указывает и характер облачности (рис. 8, X, рис. 11).

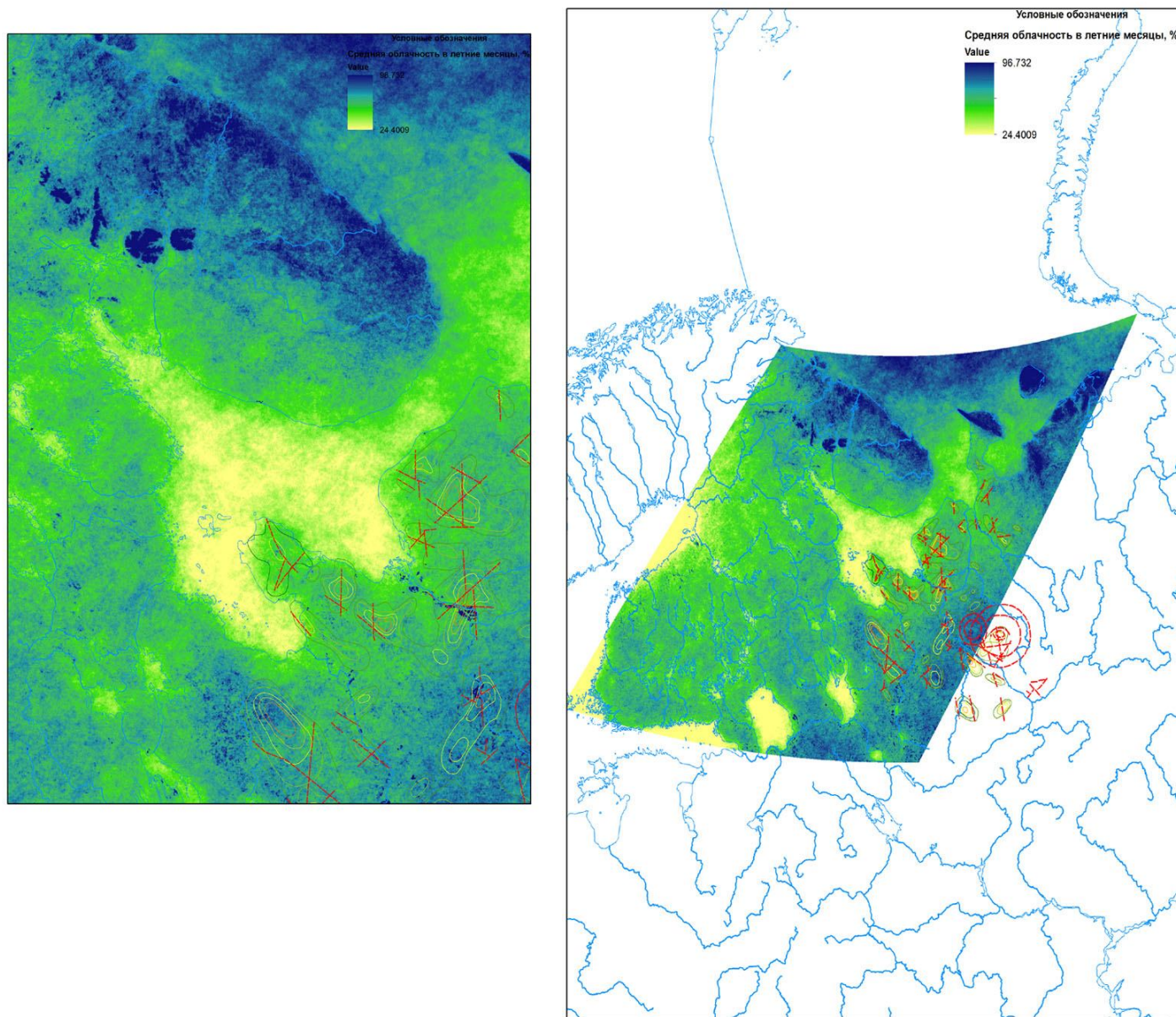


Рис. 11. Средняя облачность в летние месяцы над узлами тектонических нарушений разных рангов (результаты обработки данных КА MODIS)

Таким образом, дегазация, как один из основных механизмов зафиксированного минимума атмосферного давления, подтверждается как теоретически, так и практически. Еще одним из факторов может являться ионизация атмосферного воздуха, т.к. по мнению ряда исследователей, магнитное поле Земли является мощным фактором, контролирующим концентрацию стратосферного озона [Сывороткин 2002]. Обычно рассматривается воздействие внешних геосфер и статичных аномалий магнитного поля Земли. При этом физическая сторона процесса состоит в том, что силовые линии магнитного поля задают направление полета галактических космических частиц, затягивая их как в воронку в районах магнитных аномалий.

Нами рассматривался и отклик литосферы на геомагнитные возмущения, и была показана связь между деформационными полями в тектонических структурах разного ранга и компонентами геомагнитных вариаций (рис. 3, 4). Всплеск геомагнитной активности в тектонических структурах также может являться источником озона. Следует отметить, что в высокоширотных районах отмечается большое количество молниевых разрядов, направленных вверх в ионосферу. Мощные импульсы радиочастотного, оптического и гамма-излучения, генерируемых этими разрядами, могут приводить к росту концентрации стратосферного озона за счет ионизации и диссоциации молекул кислорода в озон [Перов, Приставка 1997]. Нами была зафиксирована повышенная плотность гроз в районах тектонических узлов (табл. 4).

Таблица 4

Количество гроз за период наблюдений (Вельско-Устьянский тектонический узел)

Период наблюдений	Количество гроз, раз	
	Центр узла	Периферия узла
2009	2	7
2010	3	11
2011	5	11

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

Таким образом, в районах крупных тектонических нарушений возможна как глубинная дегазация, так и ионизация воздуха при доминирующей роли первой. Учитывая выявленные различия в структуре барического поля над современными геодинамически активными и более древними тектоническими структурами, можно предположить, что в первом случае, возможно, доминирует глубинная дегазация, а во втором возрастает воздействие теллурических токов, связанных с подвижками вдоль разломов, т.е. постоянной сменой напряженно-деформируемого состояния. Так в результате многолетнего изучения зон глубинных разломов установлено, что некоторые из них являются генераторами потоков ионизированных частиц и низкочастотного электромагнитного излучения. Все такие разломы разделяются на пассивные, активные и структуры периодического действия. Над разломами фиксируются проникающие высоко в атмосферу потоки ионизированных частиц, которые могут регистрироваться со спутников, электромагнитные низкочастотные излучения, газовые эманации и инфраволны [Экология человека... 2006]. Совместная обработка данных низкочастотных излучений, потоков электронов и температуры плазмы, измеренных на спутнике «Интеркосмос-19» позволила обнаружить низкочастотное излучение и вариации плотности электронов над глубинными разломами земной коры [Сергеева и др. 2004], т.е. ионосфера и протекающие в ней процессы являются индикаторами геодинамических процессов. На спутнике «Интеркосмос-19» измерялись интенсивность магнитной и электрической компонент поля низкочастотного излучения на пяти частотах: 140, 450, 800, 4650 и 15000 Гц, потоки низкоэнергетичных электронов и температура ионосферной плазмы на высоте спутника (на витке 1537 высота — 970 км, на других витках — 670 км).

Изменения динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь (рис. 8, XIII) в тектоническом узле и наличие зон повышенной проводимости (рис. 8, III) позволяет предположить возникновение в них наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами (повышенная плотность облаков по периферии узлов, и их отсутствие в центре) говорит об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха (рис. 8, X) и возможной глубинной дегазации (рис. 8, А, XIV). Этот вывод подтверждается также повышенной частотой прохождения гроз по периферии тектонических узлов по сравнению с их центрами (в 3—4 раза) (рис. 8, А), что сказывается и на частоте лесных пожаров.

Генерация электрических и магнитных сигналов в земной коре связана, в первую очередь, с нестационарными механическими нарушениями, вызывающими разделение электрических зарядов и нарушение установившихся токовых систем в тектонических нарушениях (нарушениях сплошности среды).

Вопрос о природе и конкретных механизмов преобразования механической энергии в энергию электромагнитного поля чрезвычайно сложен. Существует (предложено) несколько механизмов возбуждения электромагнитных сигналов в земной коре.

Одни из них связаны со свойствами горных пород и их изменениями при механическом воздействии, как результате изменения напряженно-деформированного состояния горных пород, приводящего к изменению электрической проводимости. Сюда относятся: пьезоэлектрический, трибоэлектрический, индукционный и инерционный механизмы [Лосева и др. 2009].

Обычно к отдельной группе относят эффекты, вызванные распространением сейсмических волн (сейсмоэлектрические эффекты I-го и II-го рода), когда механические воздействия характеризуются достаточно малой амплитудой и сейсмическим диапазоном частот (0,1—10 Гц) [Лосева и др. 2009]. В этом случае, одни механизмы генерации связаны с изменением свойств внешней среды (сейсмоэлектрический эффект I-го рода) при трансляционных и угловых движениях на микроуровне, другие — электрокинетическим эффектом (движение флюида относительно поверхностей и скелета твердой среды), третьи (индукционного и инерционного типов) — движением проводящей среды в постоянном геомагнитном поле и неравномерным движением среды, когда источниками сигнала служат вихревые линии ускорений [Лосева и др. 2009].

Вопрос же реализации события в конкретной структуре зависит от характера напряженного состояния среды.

Исследование, в частности, влияния магнитных бурь и солнечного затмения показало, что даже при отсутствии триггерного воздействия на усиление сейсмической активности, влияние солнечного затмения и магнитных бурь все же сказывается на напряженном состоянии среды, что проявляется в изменении уровня микросейсмического фона [Жигалин и др. 2009].

Заключение

Суммируя вышеизложенное можно отметить, что тектонические узлы характеризуются аномальными параметрами в компонентах окружающей среды:

- над тектоническими узлами наблюдается постоянный «дефицит» атмосферного давления (до 25 mb);
- частота выпадения осадков и их количество в центре и на периферии узлов пересечений тектонических дислокаций, существенно различаются. Осадки в центре тектонических узлов выпадали значительно реже, а их объем на 26 % меньше, и, как следствие, наблюдается повторение гидросетью контуров тектонического узла, и приуроченность к ним палеодолин;
- выпадение снежного покрова на периферии узлов происходит раньше (при большей глубине снежного покрова), а стаивание — позже, чем на фоновых территориях (по данным панхроматической съемки со спутника Монитор-Э);
- наблюдается глубинная дегазация и повышенная частота гроз по периферии узлов и, как следствие, с этими же

Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ

участками связано повышенное количество лесных пожаров;

- наблюдается изменение площадной структуры растительного покрова в узлах тектонических нарушений (по данным дешифрирования снимков Landsat-7) [Кутинов и др. 2011]. Т.е. возможен подток минерализованных вод и дегазация из глубоких горизонтов земной коры. К тому же во время магнитных бурь не исключено и изменение ионного состава вод;
- изменения динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь в тектоническом узле и наличие зон повышенной проводимости позволяет предположить возникновение в тектонических структурах наведенных магнито-теллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами говорит об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха. Постоянно наблюдаемый розоватый оттенок облачности можно интерпретировать как проявление эффекта черенковского свечения, возникающего за счет сжатия горных пород, что подтверждается космическими снимками циклонов в северном полушарии.

Таким образом, в районах тектонических узлов наблюдаются: изменения структуры растительного покрова, иные характеристики снежного покрова, повышенная увлажненность почв, иной характер облачности, повышенная плотность лесных пожаров и гроз, ионизационные эффекты в атмосфере и т.п.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Адушкин В.В., Зецер Ю.И. Перераспределение энергии во внутренних и внешних геосферах при высокоэнергетических воздействиях // Динамические процессы в геосферах. Под ред. Ю.И. Зецера. М.: ИДГ РАН, 1994. С. 10—18.
2. Белоусова А.П. О проблеме индикаторов и индексов устойчивого развития водных экосистем // Геоэкология. 1998. № 2. С. 124—125.
3. Главатских С.П. Геохимические критерии и методы поисков алмазоносных кимберлитов (на примере Архангельской кимберлитовой провинции). Дисс. ... канд. г.-м.н. М., 1992. 211 с.
4. Гофаров М.Ю., Кутинов Ю.Г., Болотов И.Н. Ландшафты Беломорско-Кулойского плато: тектоника, подстилающие породы, рельеф и растительный покров. Екатеринбург: УрО РАН. 2006. 167 с.
5. Жигалин А.Д., Попова О.Г., Коновалов Ю.Ф. Влияние полного солнечного затмения и магнитных бурь на сейсмическую активность и напряженное состояние среды // Геологические опасности. Матер. XV Всерос. конфер. Архангельск, ИЭПС АНЦ УрО РАН, 2009. С. 177—180.
6. Зецер Ю.И. Энергетика внутренних и внешних геосфер // Проблемы взаимодействия геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. М.: GEOS, 2009. С. 9—18.
7. Коротков Ю.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Возможности электроразведки при поисках кимберлитовых тел Архангельской алмазоносной провинции // Вестник Поморского Университета. Сер. Естественные и точные науки. 2007. № 2.(12). С. 26—34.
8. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б., Гофаров М.Ю. Выявление индикационных признаков перспективных на поиски коренных источников алмазов в условиях Архангельской алмазоносной провинции // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 2. С. 150—156.
9. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазоносной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера», 2004. 283 с.
10. Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г., Афанасова Т.Б. Временная структура вариаций магнитного поля и структура барического поля высоких широт (на примере Архангельской области) // Система Планета Земля (Нетрадиционные вопросы геологии). Матер. XVI научн. семинара. Геологич. фак-т МГУ. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. С. 226—239.
11. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 230 с.
12. Лосева Т.В., Кузьмичева М.Ю., Спивак А.А. Модель генерации электрических и магнитных импульсов при стесненном повороте блоков земной коры // Проблемы взаимодействия геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. М.: GEOS, 2009. С. 250—259.
1. Adushkin V.V., Zetser Yu.I. (1994). Pereraspredelenie energii vo vnutrennikh i vneshnikh geosferakh pri vysokoenergeticheskikh vozdeistviyakh. In: Dinamicheskie protsessy v geosferakh. Pod red. Yu.I. Zetsera. IDG RAN, Moskva. Pp. 10—18.
2. Belousova A.P. (1998). O probleme indikatorov i indeksov ustoichivogo razvitiya vodnykh ekosistem. Geoekologiya. N 2. Pp. 124—125.
3. Glavatskikh S.P. (1992). Geokhimicheskie kriterii i metody poiskov almazonosnykh kimberlitov (na primere Arkhangel'skoi kimberlitovoi provintsii). Diss. ... kand. g.-m.n. Moskva. 211 p.
4. Gofarov M.Yu., Kutinov Yu.G., Bolotov I.N. (2006). Landshafty Belomorsko-Kuloiskogo plato: tektonika, podstilayushchie porody, rel'ef i rastitel'nyi pokrov. Ekaterinburg: UrO RAN. 167 p.
5. Zhigalin. A.D., Popova O.G., Konovalov Yu.F. (2009). Vliyanie polnogo solnechnogo zatmeniya i magnitnykh bur' na seismicheskuyu aktivnost' i napryazhennoe sostoyanie sredy. In: Geologicheskie opasnosti. Mater. XV Vseros. konfer. IEPS ANTs UrO RAN, Arkhangel'sk. Pp. 177—180.
6. Zetser Yu.I. (2009). Energetika vnutrennikh i vneshnikh geosfer. In: Problemy vzaimodeistviya geosfer. Sbornik nauchnykh trudov IDG RAN. GEOS, Moskva. Pp. 9—18.
7. Korotkov Yu.V., Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. (2007). Vozmozhnosti elektrorazvedki pri poiskakh kimberlitovykh tel Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii. Vestnik Pomorskogo Universiteta. Ser. Estestvennye i tochnye nauki. N 2.(12). Pp. 26-34.
8. Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Gofarov M.Yu. (2011). Vyyavlenie indikatsionnykh priznakov perspektivnykh na poiski korenykh istochnikov amazov v usloviyakh Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. T. 8. N 2. Pp. 150—156.
9. Kutinov Yu.G., Chistova Z.B. (2004). Ierarkhicheskii ryad proyavlenii shchelochno-ul'traosnovnogo magmatizma Arkhangel'skoi almazonosnoi provintsii. Ikh otrazhenie v geologo-geofizicheskikh materialakh. ОАО «ИПП «Правда Севера», Arkhangel'sk. 283 p.
10. Chistova Z.B., Kutinov Yu.G., Afanasova T.B. (2008). Vremennaya struktura variatsii magnitnogo polya i struktura baricheskogo polya vysokikh shirot (na primere Arkhangel'skoi oblasti). In: Sistema Planeta Zemlya (Netraditsionnye voprosy geologii). Mater. XVI nauchn. seminar. Geologich. fak-t MGU. M.: Knizhnyi dom «LIBROKOM», Moskva. Pp. 226—239.
11. Letnikov F.A. (1992). Sinergetika geologicheskikh sistem. Nauka, Novosibirsk. 230 p.
12. Loseva T.V., Kuz'micheva M.Yu., Spivak A.A. (2009). Model' generatsii elektricheskikh i magnitnykh impul'sov pri stesnennom povorote blokov zemnoi kory. In: Problemy vzaimodeistviya geosfer. Sbornik nauchnykh trudov IDG RAN. GEOS, Moskva. Pp. 250—259.

**КУТИНОВ Ю.Г., ЧИСТОВА З.Б. КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ МЕЖГЕОСФЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ТЕКТОНИЧЕСКИХ УЗЛАХ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ**

13. Магматизм и металлогения рифтогенных систем восточной части Балтийского щита / А.Д. Щеглов, В.Н. Москалева и др. СПб: Недра, 1993. 244 с.
14. Новик О.Б. Электромагнитные и тепловые сигналы из недр Земли. М.: Круглый стол, 2001. 255 с.
15. Перов С.П., Приставко В.Н. Влияние направленных в ионосферу молниевых разрядов на среднюю атмосферу и ионосферу // Физические проблемы экологии. Тез. докл. всерос. научн. конф. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1997. Т. 1. С. 56—57.
16. Резанов И.А. Эволюция представлений о земной коре. М.: Недра, 2002. 299 с.
17. Сергеева Н.Г., Ларкина В.И., Сенин Б.В. Выявление техногенных зон загрязнения в морях Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана с помощью спутниковых данных // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. Матер. Всерос. конф. с межд. участием. Т. 2. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2004. С. 242—246.
18. Спивак А.А. Актуальные проблемы взаимодействия геосфер на приповерхностных участках континентальной земной коры // Проблемы взаимодействия геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2009. С. 211—221.
19. Спивак А.А., Кишкина С.Б., Локтев Д.Н., Харламов В.А. Прецессия структурного блока земной коры // Проблемы взаимодействия геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2009. С. 94—100.
20. Сывороткин В. Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 250 с.
21. Файнберг Э.Б., Дубровский В.Г., Лагутинская Л.П. Океанический эффект в поле Dst-вариаций // Анализ пространственно-временной структуры геомагнитного поля. М.: Наука, 1975. С. 130—152.
22. Чистова З.Б. Система геофизических исследований с целью прогноза и поиска кимберлитовых образований в пределах Архангельской (Русской) алмазонасной провинции. Автореф. дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. М., МГГА, 1996. 25 с.
23. Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г. Пространственно-временная структура геомагнитных вариаций — неотъемлемая часть экологических исследований // Север: экология. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 388—405.
24. Экология человека в изменяющемся мире // Колл. авторов. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 570 с.
25. Slater L. New-Surface Geophysics. A New Focus Group. EOS. 2006. Vol. 87. No. 25. P. 248—249.

**COMPLEX MODEL OF GEOSPHERES INTERACTION PROCESSES
IN THE TECTONIC NODES AT THE NORTH OF RUSSIAN PLATE**

*Yuri G. Kutinov, Doctor of Geology and Mineralogy, Main Researcher at Institute of Ecological Problems of the North, RAS Ural Branch, Member of Academy of Natural Sciences (Germany) and Italian Academy of Social and Economy Sciences (Rim)
E-mail: kutinov@iepn.ru

**Zinaida B. Chistova, PhD (Geology, Mineralogy), Head of Laboratory of Deep Geological Structure and Dynamics of Lithosphere of Institute of Ecological Problems of the North, RAS Ural Branch
E-mail: zchistova@yandex.ru

Our data indicate the presence of tectonic faults impact on the environment due to the appearance of the induced magnetotelluric currents, deep degassing and changes in the structure of the pressure field. Based on original terrestrial researches and interpretation of space materials the authors identified the criteria for this taxon, as well as made a number of conclusions that the tectonic units are characterized by abnormal parameters of the components of the environment.

Thus, in particular, (1) there is a steady "deficit" of atmospheric pressure (up to 25 mb) over tectonic units; (2) the frequency of rainfall and its number in the central and peripheral nodes of intersections of tectonic dislocations are significantly different; (3) snow falls on the periphery of sites before, is deeper and melts later than in the background areas; (4) peripheral nodes is an area of deep degassing, here is an increase number of storms and forest fires; (5) at the tectonic faults' nodes the areal structure of vegetation is increased; (6) peculiar structure of the clouds over the nodes indicates a change in the electrical conductivity of air.

Keywords: Russian plate, a tectonic node, degassing, the induced currents, variations in the magnetic field, atmospheric pressure, search features, environment.