

УДК 551.64

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ (ДЕГАЗАЦИЯ, НАВЕДЕННЫЕ ТОКИ, ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ) СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

© 2009 Ю.Г. Кутинов, З.Б. Чистова, В.В. Беляев, П.С. Бурлаков

*Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, 163600;
e-mail: kutinov@iepn.ru*

Исследования были направлены на изучение свойств тектонических нарушений севера Русской плиты и оценку их влияния на изменение окружающей среды (биосферы, атмосферы, гидросферы). Наши данные свидетельствуют о наличии воздействия тектонических нарушений на окружающую среду за счет возникновения наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля. 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. На основе изучения энергетических характеристик тектонических нарушений (в первую очередь геомагнитных вариаций, атмосферного давления, глубинной дегазации) и их связи с состоянием окружающей среды выделены участки биологического дискомфорта.

Ключевые слова: тектонический узел, дегазация, наведенные токи, вариации геомагнитного поля.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость учета структурно-тектонического фактора при геоэкологических исследованиях не вызывает сомнения. В то же время изучение дизъюнктивных структур на платформенных территориях, перекрытых мощным осадочным чехлом, не имеет однозначного решения. Проблема заключается в оценке форм и интенсивности проявлений активности тектонических структур с позиций геоэкологических опасностей, источниками которых они могут быть. Дискуссионным остается и вопрос: активна ли структура на настоящий момент? Обычно признаком активности считается наличие подвижек или миграция очагов землетрясений. При этом не ясно, как оценивать глубинную дегазацию, возникновение наведенных магнитотеллурических токов, акустические и другие явления, связанные с функционированием дизъюнктивных структур; какие подвижки считать существенными, а какие нет, т.к. от ответа зависит детальность исследований; какой временной интервал принимать за основу. Считается, что

большинство платформенных тектонических структур имеет колебательный характер, и в геологическом масштабе времени вектор подвижек практически равен нулю. Иначе выглядит картина, если оперировать другими временными интервалами, т.к. при прогнозе экологических опасностей миллионов (и даже тысяч) лет у нас в запасе нет. В этом случае вектор направленного движения уже не равен нулю, и мы имеем дело не с осредненной кривой, а с одним из отрезков последней (Кутинов, 2005). Отсутствие прямого наследования структур фундамента, особенно с присущим им размахом в геологическом прошлом тектонических движений, не является достаточным доказательством «пассивности» структуры. Вряд ли следует ожидать полного повторения форм, размеров и амплитуд структур фундамента в осадочном чехле, т.к. они разделены длительными временными интервалами, сnivelированы эрозионными процессами и функционировали в разных тектонических режимах (Кутинов, Чистова, 2001).

Наименее изучены «энергетические» свойства тектонических нарушений, являющихся

областями разрядки напряжений в земной коре. Обычно неотектонические и современные подвижки характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды перемещения, сопровождающимися вариациями электромагнитного поля и дегазации вдоль дислокаций. Любое разрывное нарушение в зависимости от детальности исследований можно представить в виде дизъюнктивной границы (условной плоскости), либо геологического тела, объем которого формируется в результате линейной деструкции коры. Изучение внутренней организации разрывных нарушений показывает, что вкрест и по простиранию нарушений обособлены отдельные дискретные области с разным типом дезинтеграции земной коры (Лобацкая, 1987), по-разному проявляющиеся в геолого-геофизических материалах. На территории севера Русской плиты 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, 2001, 2004). Иначе обстоит дело с узлами пересечения тектонических дислокаций, которые представляют собой сложно построенные в вертикальной и в горизонтальной плоскостях объемные тела, простирающиеся на значительные глубины (вплоть до поверхности Мохо). С увеличением числа пересекающихся тектонических зон степень раздробленности, проницаемости и глубинности тектонического узла возрастает (Волчанская, Сапожникова, 1990). Таким образом, возникает вертикальная высокопроницаемая область, которая обеспечивает коро-мантийное взаимодействие и постоянный приток флюидов и глубинных газов, т.е. возникает постоянный глубинный стволый канал повышенного тепло-массообмена, 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 поля (своего рода электрические диполи). Так в результате исследований нами был выявлен факт резкого изменения амплитудно-частотных характеристик короткопериодических колебаний (КПК) магнитного поля в момент магнитных бурь на площади тектонического узла (Кутинов, Чистова, 2002; 2004).

Влияние солнечного ветра и возникающее при этом взаимодействие между ядром и мантией Земли способны вызвать наблюдающиеся вариации продолжительности суток (Слепцов-Шевлевич, 1988). Вариации угловой скорости вращения Земли приводят к попеременному

сжатию оболочек Земли, что вызывает широтное перераспределение масс воздуха и изменение атмосферного давления. То есть, связь между геомагнитными вариациями и атмосферным давлением вполне реальна. Роль же атмосферного давления, и ее взаимосвязь с состоянием геологических структур в литературе освещена слабо (Атлас..., 1998).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2000-2009 гг. нами проводились измерения атмосферного давления над тектоническими узлами, выделенными по авторской методике (Кутинов, Чистова, 2001, 2004), и был установлен факт постоянного «дефицита» атмосферного давления (рис. 1). Эти минимумы получили рабочее название – «статичные». 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.

Замеры проводились в автомобильном, железнодорожном 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.

Кроме того, в 2008 и 2009 гг. измерения атмосферного давления и содержания кислорода в приземном слое атмосферы производи-

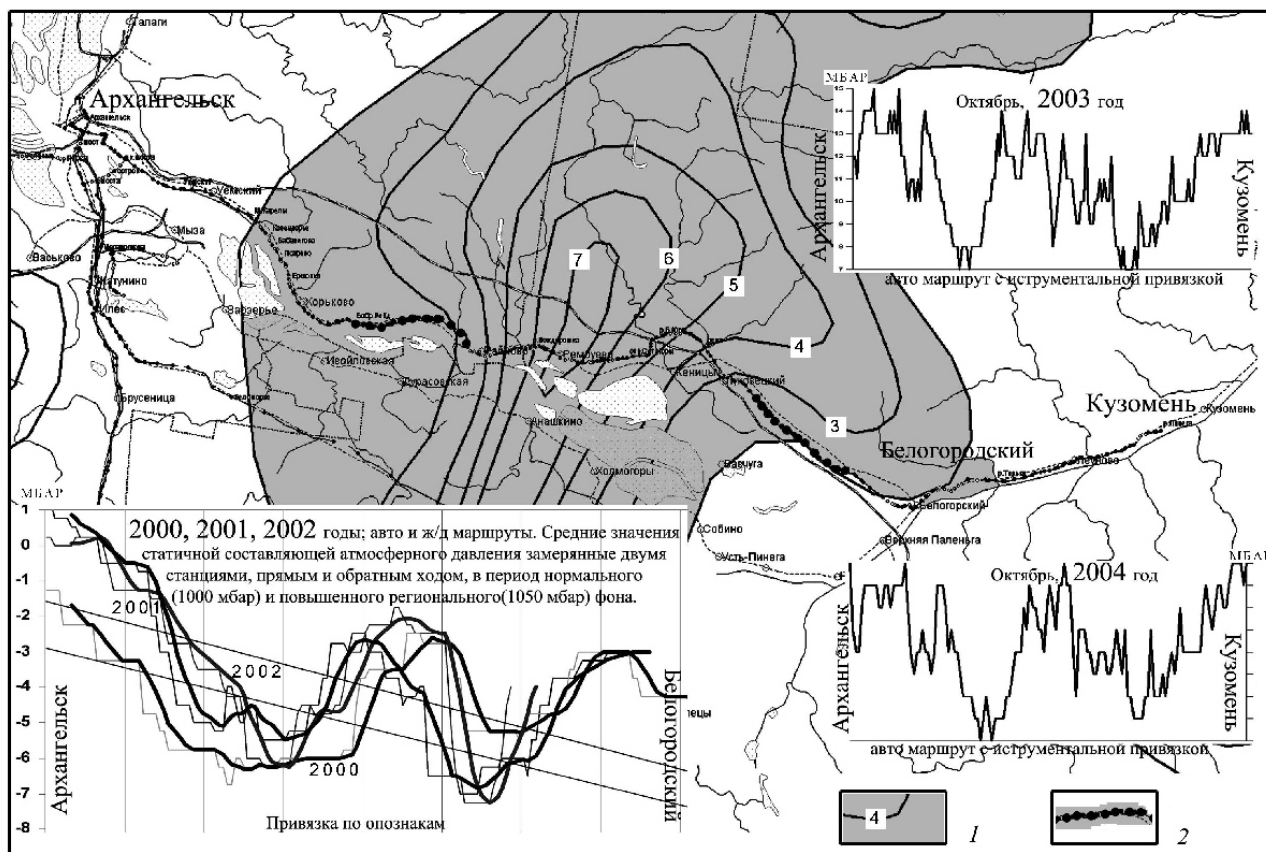


Рис. 1. Строение статичных атмосферных минимумов в тектоническом узле.

По вертикальной шкале на графиках – приращение атмосферного давления в мбар. 1 – изолинии плотности тектонических нарушений на площади тектонического узла; 2 – участки резкого понижения значений атмосферного давления.

лись полевым газоанализатором ECOPROB-5 (RS DYNAMICS, Чешская Республика) в автоматическом режиме (интервал – 500 м). Прибор оснащен собственной системой GPS-привязки.

В предыдущих работах нами подробно рассматривались методические особенности проведения измерений атмосферного давления в движении и проводилось сопоставление статичных атмосферных минимумов с характером грави- магнитных полей и было выявлено пространственное совпадение минимумов с границами смены характера магнитного поля, региональными и локальными магнитными аномалиями, участками изменения морфологии поля силы тяжести, геохимическими аномалиями и тектоническими границами (Чистова, Кутинов 2008; Чистова, Кутинов, 2006). Сопоставление материалов позволило сделать обоснованный вывод, что основной причиной наличия «статичных» минимумов атмосферного давления является строение земной коры.

Проведенный анализ также показал отсутствие однозначной связи между амплитудой выделяемых статичных минимумов атмосферного давления и приращением высотных отметок дневного рельефа. В то же время ряд миниму-

мов совпадает и с районами выхода подземных минерализованных вод и аномалиями некоррелируемого теплового потока.

Таким образом, полученные данные позволяют утверждать, что мы имеем дело с тектоническими структурами, которые проявляются в структуре барического поля.

Такое строение барического поля теоретически должно обеспечить ускоренное выпадение атмосферных осадков, что было подтверждено замерами. Установлено, что частота выпадения осадков и их количество в центре и на периферии узлов пересечений тектонических дислокаций, которые территориально совпадают со статичными минимумами атмосферного давления (Устьянский, Вельский районы) за июль-август месяц существенно различаются. Осадки в центре тектонических узлов выпадали значительно реже, а их количество на 26 % меньше (рис. 2, табл. 1-3) (Беляев и др., 2009). Методика исследований сводилась к следующему: в период экспедиционных работ (июль-сентябрь) 2006-2008 гг. (рис. 2), ежедневно фиксировалась частота выпадения осадков в центре узла и на его периферии. В начале визуальных наблюдений результаты уточнялись путем устного

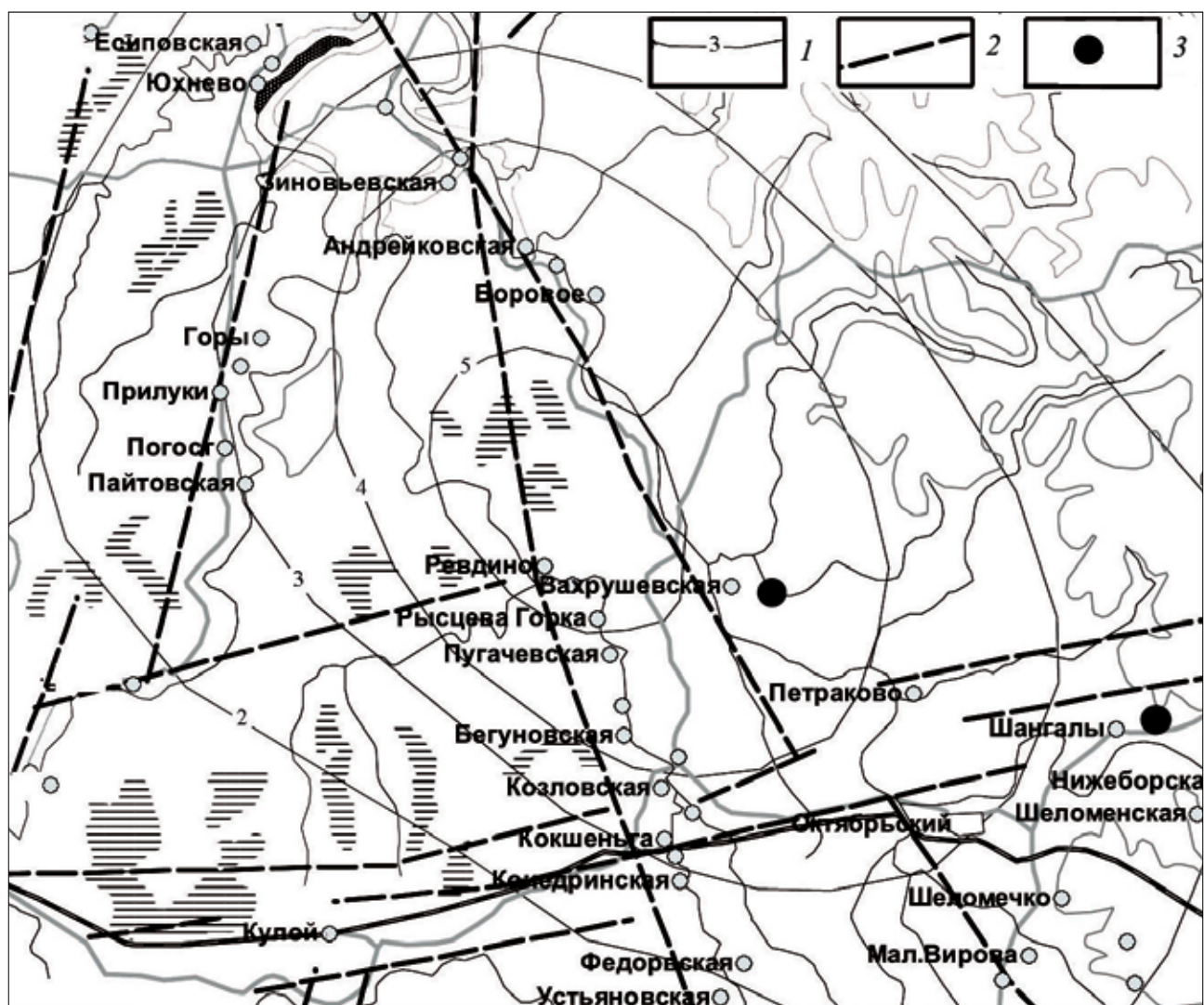


Рис. 2. Места проведения исследований (Вельский, Устьянский районы)

1 – тектонический узел (изолинии плотности тектонических нарушений); 2 – глубинные разломы; 3 – места расположения осадкомеров.

(телефонного) опроса работников лесничества, расположенных на периферии тектонического узла. Одновременно с этим в центре и на периферии узла на открытом месте в 4-х повторностях были установлены сосуды площадью 69.4 см^2 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, затем помещались в отдельные емкости и в конце периода наблюдений были снова взвешены. Обобщенные результаты представлены в таблицах 1-3. Кроме того, в 2007 г. подобные исследования были проведены и на тектоническом узле в Холмогорском районе (рис. 1).

В 2008 г. также проводились измерения атмосферного давления в центре и на периферии тектонического узла (Вельский, Устьянский районы) с ежедневной регистрацией его в 21.00. При этом использовались барометры-анероиды. Предварительные результаты показали, что за период наблюдений давление в центре узла было всегда выше, чем на периферии. Кроме того, в пределах узла динамика выпадения осадков согласуется с атмосферным давлением (Беляев и др., 2009).

Такое распределение осадков на площади тектонических узлов влияет на уровень загрязненности и на растительные сообщества, что подтверждается повышенным содержанием Pb (7.91 мг/кг) во мхах, отобранных вблизи станции Илес и в сфагновых мхах (6.81 мг/кг) (48 км жд Архангельск-Карпогоры) и увеличением содержания Zn (61.17-77.53 мг/кг) в зеленых мхах в районе ст. Холмогорская (Тарханов и др., 2004).

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Таблица 1. Показатели осадков за период наблюдений (Устьянский, Вельский районы) (2007 г.)

Период наблюдений	Количество осадков, раз		Количество осадков, кг/м ²	
	Центр	Периферия	Центр	Периферия
07.07.-14.07.	7	11	5.9	7.6
15.07.-21.07.	9	11	32.4	34.6
22.07.-26.07.	0	1	0	0
27.07.-02.08.	5	9	1.40	1.5
03.08.-08.08.	0	0	0	0
09.08.-15.08.	0	0	0	0
16.08.-24.08.	4	5	33.1	45.6
25.08.-31.08.	4	6	29.2	53.5
01.09.-07.09.	5	10	18.9	23.2
08.09.-14.09.	-	-	8.6	9.7
Всего за период наблюдений	34	53	129.5	175.7

Таблица 2. Показатели осадков за период наблюдений (Устьянский, Вельский районы) (2008 г.)

Период наблюдений	Количество осадков, раз		Количество осадков, кг/м ²	
	Центр	Периферия	Центр	Периферия
10.07.-15.07.	3	10	0	0
16.07.-20.07.	4	7	5.3	7.5
21.07.-4.08.	4	9	4.3	4.6
5.08.-10.08.	2	3	14.3	14.9
11.08.-18.08.	7	15	0	0
19.08.-23.08.	5	8	7.1	13.0
24.08.-5.09.			50.6	54.3
6.09.-12.09.			7.1	15.7
Всего за период наблюдений	25	52	94.1	110.0

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В узлах тектонических нарушений могут формироваться и формируются комплексные аномалии, выраженные в геофизических, метеорологических, геохимических, геологических и иных параметрах. Учитывая их интенсивность, многие из этих аномалий могут оказывать значимое воздействие на биологические системы различного иерархического уровня и, вероятно, для таких территорий характерны особые закономерности накопления, миграции и физико-химической трансформации загрязняющих веществ, специфика пространственного распределения и динамики биоценозов, а также видовой состава биоты. Среди таких геологических факторов нами были в первую очередь изучены тепловое состояние подстилающих пород ландшафтов и степень дезинтеграции земной коры (рис. 3, табл. 4).

Значимые положительные аномалии температур подстилающих пород, наблюдаемые на участках с повышенным конвективным тепловым потоком (КТП), оказывают влияние, прежде всего, на уровне видовой разнообразия сообществ, приводя к устойчивому существованию изолированных популяций южных видов (Шварцман, Болотов, 2008). То есть, с повыше-

нием температуры почвы на несколько градусов в таких местах происходит формирование в таежной зоне сообществ с участием неморальной растительности.

Зоны с аномально-высокими значениями КТП занимают 5-10 % территории платформенных областей и пространственно совпадают с тектоническими нарушениями. По данным моделирования (компонентный анализ площадной структуры растительного покрова), в зонах повышенным КТП на территории Беломорско-Кулойского плато происходит изменение не только видовой разнообразия, но и морфологии биоценологического покрова (Гофаров и др., 2006). Оно выражено в увеличении доли мелколиственных лесов на 25 % и смешанных лесов на 10 % (рис. 3), причем некоторые из участков таких лесов сохраняются в устойчивом состоянии 30-100 лет и более. Механизм этого явления и вклад в него повышенной теплообеспеченности пока не ясны и требуют дальнейшего изучения. Основой для проведения анализа служили выполненные в ГИС GRASS 5.0.3 цифровая модель мезорельефа с дискретностью 20×20 м и векторная ландшафтная карта территории северной тайги Беломорско-Кулойского плато общей площадью 24.69 тыс. км² (Гофаров и др., 2006).

На участках с наиболее высокой степенью

Таблица 3. Количество осадков за период наблюдений (Холмогорский район), кг/м²

Место отбора проб		Период наблюдений в 2007 году						Всего
		15.07.- 23.07.	23.07.- 01.08.	01.08.- 06.08.	06.08.- 14.08.	14.08.- 21.08.	21.08.- 31.08.	
Центр	1	0.6	32.2	9.4	5.3	2.2	31.4	81.1
	2	0.7	32.1	9.3	5.0	1.9	32.4	81.4
	3	0.6	31.9	9.1	4.6	1.9	32.2	80.3
	4	0.5	31.9	9.4	5.3	2.0	32.2	81.3
	5	0.6	31.8	9.4	5.2	1.9	32.2	81.1
	6	0.6	32.2	9.7	5.3	1.9	32.4	82.1
	7	0.5	32.4	9.6	4.6	2.2	32.2	81.5
	8	0.6	32.4	9.6	4.7	2.0	32.4	81.7
	9	0.6	32.1	9.7	4.6	2.2	31.6	80.8
	10	0.5	32.4	9.7	4.6	2.2	31.6	81.0
	Среднее и его ошибка	0.58±0.02	32.14±0.07	9.49±0.06	4.92±0.10	2.04±0.04	32.06±0.11	
Периферия	1	5.0	41.4	11.5	8.3	2.5	40.3	109
	2	4.7	41.8	11.0	8.2	2.8	39.8	108.3
	3	4.9	41.0	11.2	7.9	2.8	40.6	108.4
	4	4.9	41.2	11.5	8.0	2.7	40.4	108.7
	5	5.0	41.4	11.5	8.0	2.5	40.3	108.7
	6	5.0	41.4	11.2	8.0	2.7	40.3	108.6
	7	4.9	40.9	11.3	8.2	2.7	40.1	108.1
	8	5.0	40.9	11.3	7.9	2.5	40.1	107.7
	9	4.9	41.0	11.5	8.3	2.4	40.4	108.5
	10	5.0	41.4	11.3	8.3	2.7	40.3	109.0
	Среднее и его ошибка	4.93±0.03	41.24±0.09	11.33±0.05	8.11±0.05	2.63±0.04	40.26±0.07	
Достоверность различий	t	219.88	122.52	29.04	31.50	13.20	69.76	
	P при t=4.78	<0.999	<0.999	<0.999	<0.999	<0.999	<0.999	
	Уровень значимости	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

Таблица 4. Изменение площадной структуры растительного покрова Беломорско-Кулойского плато (%) на участках проявления некоторых геолого-геофизических факторов (Гофаров и др., 2006)

Критерии и механизмы	Зона с максимальной степенью дезинтеграции земной коры (5 баллов)	Зоны высокого конвективного теплового потока
Основные изменения растительности	Увеличение доли еловых лесов на 20%	Увеличение доли мелколиственных лесов на 25% и смешанных лесов на 10%
Ландшафтная интерпретация	Рост зональности	Рост аazonальности
Возможный механизм	Гидрологический	Тепловой

дезинтеграции земной коры (5 баллов) происходит увеличение доли еловых лесов на 20 % (рис. 3). Это может быть обусловлено повышением благоприятности условий для развития зонального типа растительности из-за более хорошей дренированности данного участка, который характеризуется максимальным числом тектонических дислокаций, и в т. ч. глубоко врезаемых долин рек и котловин проточных озер.

Эти районы также пространственно совпадают с выделенными нами статичными локаль-

ными атмосферными минимумами. Механизм воздействия на окружающую среду, как узлов тектонических нарушений, так и статичных минимумов атмосферного давления пока не изучен, как и неясна роль и вклад каждого из факторов, сопровождающих это природное явление.

С тектоническими узлами совпадают также места гибели морских звезд и рыб, дихотомии деревьев (Кутинов, 2005; Чистова, Кутинов, 2006), участки загрязнения почв (Тарханов и др., 2004) и участки повышенного содержания

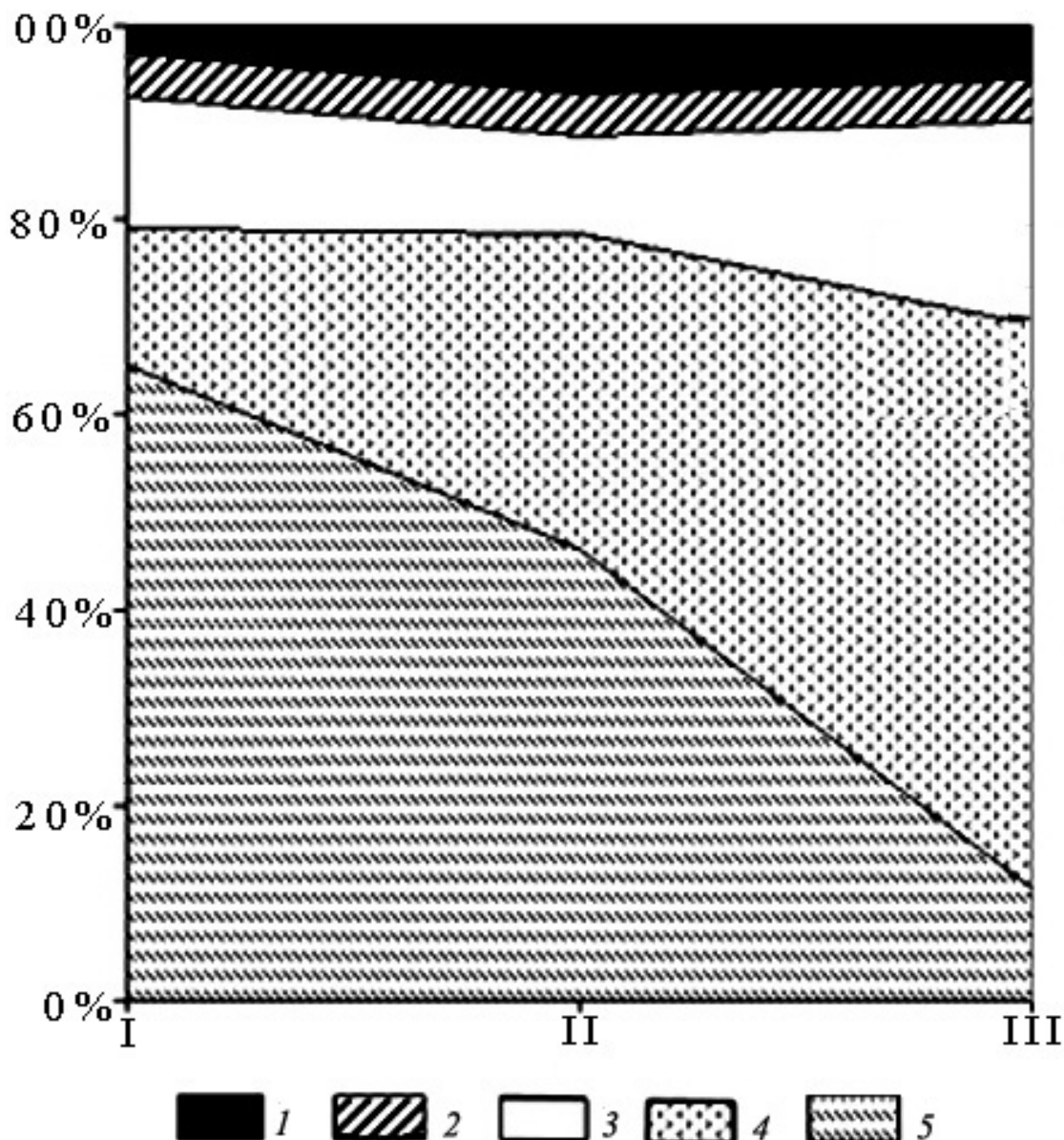


Рис. 3. Изменение площадной структуры растительного покрова Беломорско-Кулойского плато на участках проявления некоторых геолого-геофизических факторов (Гофаров и др., 2006).

По вертикальной оси – доля классов растительности в %; по горизонтальной: I – зоны с максимальной степенью дезинтеграции земной коры (5 баллов); II – вся территория Беломорско-Кулойского плато; III – зоны высоких значений конвективного теплового потока

1 – болота; 2 – светлехвойные леса; 3 – смешанные леса; 4 – мелколиственные леса; 5 – еловые леса

тяжелых металлов в коре деревьев (Главатских, 1992) (рис. 4).

То есть, возможен не только иной механизм выпадения атмосферных осадков за счет перепада давления, но и подток минерализованных вод и дегазация из глубоких горизонтов земной коры. К тому же, во время магнитных бурь не исключено и изменение ионного состава вод. Таким образом, полученные данные позволяют говорить о возможном влиянии тектонических узлов и их «энергетических» свойств на экологическое состояние окружающей среды, в том числе и водоемов. Это воздействие обусловлено целым набором далеко не равновесных фак-

торов, проявленных с разной интенсивностью в зависимости от конкретных геологических условий, и изменяющихся во времени и пространстве. С некоторыми из таких структур связаны геохимические аномалии, например, отрицательно влияющие на дисбаланс в почвах, подземных и грунтовых водах таких элементов как фтор, йод, фосфор, кальций, ртуть, мышьяк, стронций, естественные радионуклиды. Не меньшее влияние на биоту оказывают и газовые составляющие зон региональных разломов, в частности, радон, ртуть, метан, углекислый газ и др.

Как указывалось ранее, природа изменения

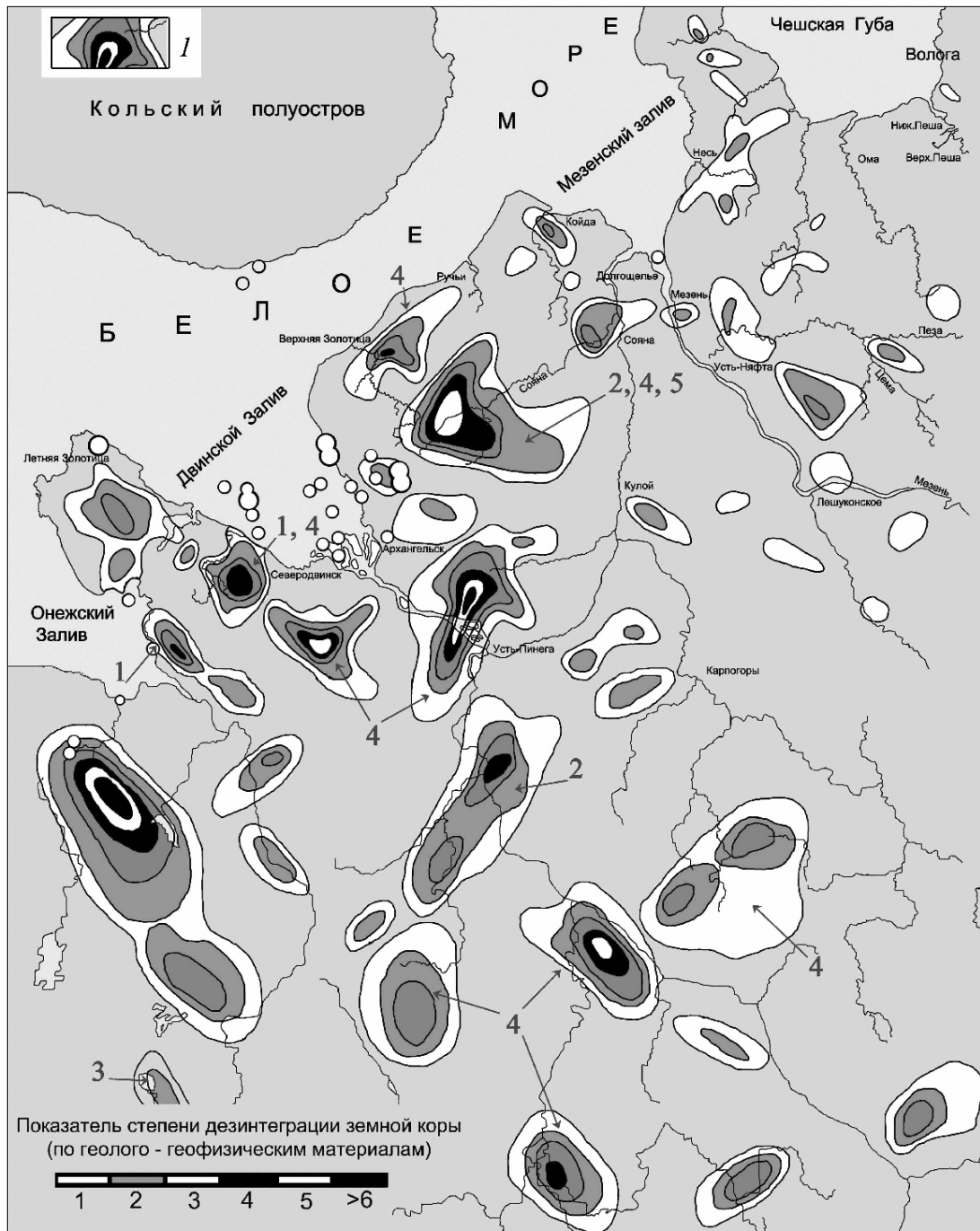


Рис. 4. Схема размещения участков природного экологического риска

1 – участки повышенного природного экологического риска. Цифры на схеме: 1 – места гибели морских звезд; 2 – места повышенной дихотомии деревьев и повышенного содержания тяжелых металлов в коре деревьев; 3 – места массовой гибели рыб; 4 – участки с повышенным содержанием тяжелых металлов в почвах; 5 – участки изменения структуры растительного покрова.

барического поля над тектоническими нарушениями нуждается в дальнейшем исследовании. В первом приближении – это глубинная дегазация по разломам в земной коре и возникновение наведенных магнитотеллурических токов. Учитывая выявленные различия в структуре барического поля над современными геодинамически активными и более древними тектоническими структурами (Чистова, Кутинов, 2008), можно

предположить, что в первом случае, возможно, доминирует глубинная дегазация, а во втором случае добавляется воздействие теллурических токов, связанных с подвижками вдоль разломов и миграцией очагов землетрясений, 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. Над разломами фиксируются проникающие высоко в атмосферу потоки ионизированных частиц, электромагнитные низкочастотные излучения, газовые эманации и инфраволны (Экология человека, 2006).

Все же каков механизм возникновения отмеченных явлений, хотя бы предположительный? Изменение структуры растительности и увеличение доли еловых лесов на 20% по сравнению с другими территориями (рис. 3) позволяет предположить подток глубинных газов (в первую очередь CO_2) и подъем минерализованных вод. На подток CO_2 указывает и изменение содержания кислорода в приземном слое в районах тектонических узлов (рис. 5).

Отдельные факты по другим регионам показывают, что подтоком глубинного CO_2 в ряде случаев объясняются причины существования аazonальных и интразональных экологических систем. В.И. Бгатовым с соавторами обращалось внимание, что на тектонических разломах и нефтегазоносных структурах в тундровых или северо-таежной климатических зонах локализуются более высокопродуктивные массивы таеж-

ных лесов (Бгатов и др., 2006 г.). Газометрические исследования, выполненные на территории Собинского и некоторых других месторождений в пределах северных районов Сибирской платформы, показали высокую насыщенность углекислым газом зон минерального питания растений. Растительный покров здесь – кедр, сосна и лиственница. Территории других нефтегазоносных площадей Западно-Сибирской плиты также отличается сравнительно более высокой сомкнутостью насаждений кедра и сосны. Обычно лесохозяйственные мероприятия проводятся на зонально-типологической основе. В тоже время, одноименные типы леса в пределах подзоны тайги по продуктивности в спелом возрасте отличаются на один и более класс бонитета, т.е. различия по запасу древесины весьма существенны и составляют свыше $100 \text{ м}^3/\text{га}$. На наш взгляд, зонально-типологической концепцией в данном случае не объясняет распространение в сходных условиях местопроизрастания насаждений разной продуктивности. Более корректным представляется использование геэкологической основы, что позволяет ответить на ряд вопросов, связанных с изменчивостью и закономерностями распространения и функцио-

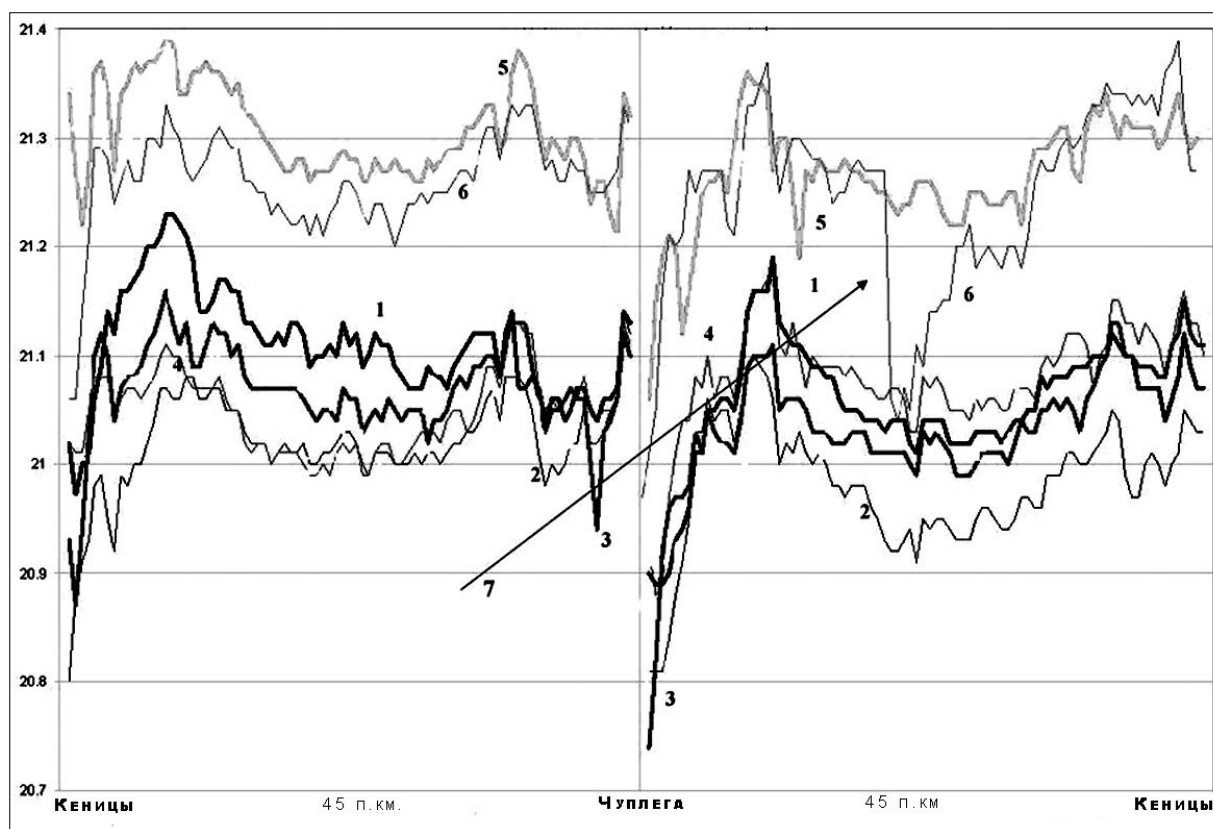


Рис. 5. Графики содержания кислорода в приземном слое атмосферы над эпицентральной частью статичного минимума территориально совпадающего с контактной зоной Холмогорского тектонического узла. Даты проведения измерений (в скобках номера маршрутов): 1- 28 сентября (1-2); 2 – 28 сентября (3-4); 3 – 29 сентября (1-2); 4 – 29 сентября (3-4); 5 – 30 сентября (1-2); 6 - 30 – сентября (3-4); 7 – снижение содержания кислорода. По вертикальной оси – значения содержания кислорода в %.

нирования высокопродуктивных растительных сообществ и соответственно с изменчивостью экологических факторов, обеспечивающих эту продуктивность. Рассмотрим это утверждение более подробно.

Большинству разломов присуща глубинная дегазация, которая проявляется и на древних платформах и докембрийских щитах (данные по Сибирской, Северо-Американской, Китайской платформам, Бразильскому и Индийскому щитам). Объемы поступающих газов могут быть весьма значительными. Среди последних, кроме паров воды, преобладают водород, азот, углеводороды (УВ), в небольших количествах отмечены углекислый газ и сероводород, нередко фиксируется повышенное содержание гелия (Дюжиков, Фридман, 1987).

Исследование кимберлитоконтролирующих тектонических зон Архангельской и Якутской провинций показало, что они картируются комплексными геохимическими аномалиями (Главатских, 1992), мигрирующими к поверхности мантийными флюидами, углеводородными (CH_4 , C_3H_8 и т. п.) и атмофильными газами (H_2 , CO_2 , N_2 , O_2), повышенной зольностью растительности и подъемом вендских минерализованных вод (Кутинов, 1991) с минерализацией до 27 г/л. Диффузия газов («дегазация Земли») происходит постоянно, в результате чего газы накапливаются в рыхлых отложениях (сорбция) и почвах, создавая газовый фон. Но основная масса газов поступает по разломам и ослабленным зонам, при этом немаловажную роль играют неотектонические движения. Как известно, неотектонические подвижки характеризуются пульсирующим режимом с изменениями направления и амплитуды перемещения. По этой причине отдельные участки разломов могут быть прижаты, притерты, т. е. флюидопроводимость их сводится к нулю, и глубинные газы не поступают к поверхности, в то время как участки, находящиеся в режиме растяжения служат источником поступления глубинных эманаций. Таким образом, осуществляется миграция источников флюидов во времени и пространстве.

Как указывалось выше, иначе обстоит дело с узлами пересечения тектонических дислокаций, которые образуют вертикальные высокопроницаемые области коро-мантийного взаимодействия и постоянного притока флюидов и глубинных газов (Кутинов, Чистова, 2004). Кроме того, узлы, как правило, представляют собой вместилища разновозрастных магматических и метасоматических образований, геохимических изменений и рудных концентраций (до промышленно значимых, например территория кряжа Ветреный пояс). Причем, геохимические аномалии не всегда связаны с рудными или

магматическими телами.

Данные о глубинной дегазации разломов известны не только для районов с эндогенным оруденением. Опробование снеговых выпадений Московской, Тульской и частично Калужской, Ярославской и Владимирской областей показало наличие схожих аномалий и на Русской платформе, где были обнаружены аномалии фтора, сурьмы, лития, ртути, молибдена, циркония, скандия, ниобия, бериллия (Пронин и др., 1995).

Все указанные генетически разнотипные образования отличаются от вмещающих пород, как по химическому составу, так и по физическим свойствам. Последние обстоятельства в принципе также не могут не оказывать влияния на биоту земной поверхности.

Как показали наши исследования, большинство кимберлитовых трубок региона связаны с узлами пересечения разломов и могут являться каналами для глубинной дегазации (Кутинов, Чистова, 2004).

Итак, каковы объемы поступающих газов и каков их состав?

Исследования, проведенные на Сибирской платформе (Дюжиков, Фридман, 1987) показали, что кимберлитовые тела содержат большие количества азотно-углеводородно-водородных и углеводородно-водородно-азотных газов, которые находятся либо в свободном состоянии, либо растворены в высокоминерализованных водах. Последние содержат также много водорода. Они эпигенетичны по отношению к кимберлитам и часто образуют значительные скопления, с которыми связаны интенсивные (до 10^5 м³/сут) длительные газовыделения. Для газовых струй характерно преобладание водорода (до 57 %), а для газов, растворенных в рассолах, — УВ (до 90 %), отмечается повышенное содержание гелия и аргона. Изотопный состав углерода показывает, что часть этих природных газов, мигрирующих по зонам разломов, геологически молоды, а их источник помимо органического вещества платформенного чехла, — глубокие горизонты консолидированной земной коры и различные уровни магмообразования верхней мантии.

О существующем подтоке флюидов и газов по выделенным структурам говорит и ряд других фактов:

- выделение из четвертичных отложений в районе г. Архангельска на побережье Двинской губы из источников в п. Лапоминка, скв. № 19 Архангельская, 597 и 599 Северодвинск CH_4 (38-97 %), тяжелых углеводородов (0.1 %), N_2 и инертные (0.9-59 %), Ar (0.1-0.76 %), $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ (1.5-3.4 %) (Теплов, Абрамичев, 1998);

- некоторое превышение фоновых содержа-

ний углеводородов в донных осадках Двинского залива Белого моря, не связанное с техногенным загрязнением (Мосеева и др., 1996).

Кроме того, работы на трубах взрыва Архангельской алмазоносной провинции показали, что тектонические нарушения присущи не только породам фундамента, но и достигают верхов осадочного чехла (Кутинов, Чистова, 2004).

Электроразведочные работы также подтверждают широкое распространение тектонических нарушений в осадочном чехле (Коротков и др., 2007). На геоэлектрических разрезах трансформациях, построенным по результатам электроразведочных измерений аппаратурой TEM-FAST 48HPS методом переходных процессов выделяются протяженные проводящие зоны.

Такого характера проводящие зоны, вытянутые по направлению распространения разлома и имеющие низкие значения кажущегося сопротивления, иногда близкие к нулю, наблюдаются у многих трубок, только с разной интенсивностью проявления. В отличие от проводящих зон, образованных палеодолинами, эти зоны имеют глубинное происхождение и не «оторваны» от проводящих мельских горизонтов венда, а на дизлектрических разрезах выглядят значительными поднятиями относительно этих горизонтов. Таким образом, достаточно отчетливо фиксируется подток минерализованных вод, что находит свое отражение и в элементном составе коры деревьев (Главатских, 1992). То есть, участие в процессе глубинной дегазации и подтока минерализованных вод можно считать доказанным.

Выявленный ранее факт изменения динамики короткопериодных вариаций в момент магнитных бурь в тектоническом узле и наличие зон повышенной проводимости позволяет предположить возникновение в тектонических структурах наведенных магнитотеллурических токов и, как следствие, ионизацию воздуха над тектоническими нарушениями и узлами разломов. Своеобразная структура облачности над узлами позволяет сделать предположение об изменении электрической проводимости атмосферного воздуха.

А постоянно наблюдаемый розоватый оттенок атмосферы в районах тектонических узлов можно интерпретировать как проявление эффекта черенковского свечения, возникающего за счет сжатия горных пород.

ВЫВОДЫ

Полученные данные свидетельствуют о наличии воздействия тектонических нарушений на окружающую среду за счет возникновения

наведенных магнитотеллурических токов, глубинной дегазации и изменения структуры барического поля. 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. Таким образом, на основе изучения энергетических характеристик тектонических нарушений (в первую очередь геомагнитных вариаций, атмосферного давления, глубинной дегазации) и их связи с состоянием окружающей среды можно выделить участки биологического комфорта-дискомфорта.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 08-05-99816_p_север_a и Программы ОНЗ РАН № 9 «Межгеосферные взаимодействия» (проект «Изучение процессов взаимодействия геосфер в активных геологических структурах Русской плиты»).

Список литературы

- Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2. Циклическая динамика в природе и обществе. М.: Научный мир, 1998. 432 с.
- Бгатов В.И., Кужельный Н.М., Лизалек Н.А. и др.* Дегазация Земли и растительный покров // Тез. междунар. конфер. Дегазация Земли: Геофлюиды, нефть и газ, парагенезисы в системе горючих ископаемых. М.: ГЕОС. 2006. С. 49-52.
- Беляев В.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. и др.* Влияние узлов тектонических дислокаций на характер выпадения осадков в лесных экосистемах // Вестник Поморского государственного университета. Сер. «Естественные и точные науки». 2009. № 2. С. 45-50
- Волчанская И. К., Сапожникова Е. Н.* Анализ рельефа при поисках месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1990. 159 с.
- Главатских С.П.* Геохимические критерии и методы поисков алмазоносных кимберлитов (на примере Архангельской кимберлитовой провинции). Дисс. канд. геол.-мин. наук. М., 1992. 211 с.
- 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.
- Дюжиков О.А., Фридман А.И.* Эндогенное рудообразование и глубинные природные газы фанерозойской активизации в северной части Сибирской платформы // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1987, № 4. С. 47-53.

- Коротков Ю.В., Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Возможности электроразведки при поисках кимберлитовых тел Архангельской алмазональной провинции // Вестник Поморского Университета. Сер. Естественные и точные науки. 2007. № 2. (12). С. 26-34.
- Кутинов Ю.Г.* Роль систем разломов в формировании тектонических структур Севера Русской плиты и размещении платформенного магматизма // Геология и полезные ископаемые Севера Европейской части СССР. Архангельск: Изд-во: ОАО «ИПП «Правда Севера», 1991. С. 23-33.
- Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Геоэкологические аспекты изучения платформенных тектонических структур // Сергеевские чтения. М.: ГЕОС, 2002. С. 543-547.
- Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Иерархический ряд проявлений щелочно-ультраосновного магматизма Архангельской алмазональной провинции. Их отражение в геолого-геофизических материалах. Архангельск: ОАО «ИПП «Правда Севера», 2004. 283 с.
- Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б.* Разломно-блоковая тектоника и ее роль в эволюции литосферы // Литосфера и гидросфера европейского Севера России. Геоэкологические проблемы / Под ред. Ф.Н. Юдахина. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. С. 68-113.
- Кутинов Ю.Г.* Экогеодинамика Арктического сегмента земной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 388 с.
- Лобацкая Р.М.* О некоторых количественных характеристиках разломов в связи с особенностями их структурной организации // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1987. № 10. С. 3-12.
- Мосеева Д.П., Троянская А.Ф., Богданович Л.М.* Углеводороды в донных отложениях Двинского залива Белого моря // Экологические проблемы европейского Севера. Екатеринбург: изд-во УрО РАН, 1996. С. 147-167.
- Пронин А.П., Зачернюк А.П., Башорин В.Н.* Тяжелые металлы, кислотность и буферность снеговых выпадений центральных районов России // Геоэкологические исследования и охрана недр. 1995. Вып. 2. С. 23-31.
- Слепцов-Шевлевич Б.А.* О ротационном механизме солнечно-земных связей // ДАН. 1988. Т. 361. № 1. С. 109-112.
- Тарханов С.Н., Прожерина Н.А., Коновалов В.Н.* Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения. Диагностика состояния. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 333 с.
- Теплов Е.Л., Абрамичев А.П.* Нефтегазоносность пород фундамента Тиманской гряды и Мезенской синеклизы // Перспективы нефтегазоносности кристаллического фундамента на территории Татарстана и Волжско-Камского региона: Тр. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию открытия девонской нефти Ромашкинского месторождения. Казань: изд-во «Новое Знание», 1998. С. 320-322.
- Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г.* Использование метеопараметров для изучения тектонических узлов // Геофизика XXI столетия: 2005: Сборник трудов Седьмых геофизических чтений им. В. В. Федынского. М.: Научный мир, 2006. С. 430-435.
- Чистова З.Б., Кутинов Ю.Г.* Отражение тектонических нарушений в пространственной структуре барического поля // Система «Планета Земля» (Нерадиционные вопросы геологии). Матер. XVI научн. семинара. Геологич. фак-т МГУ. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. С. 253-259.
- Шварцман Ю.Г., Болотов И.Н.* Пространственно-временная неоднородность таежного биома в области плейстоценовых материковых оледенений. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 302 с.
- Экология человека в изменяющемся мире /* Под ред. В.А. Черешнева. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 570 с.

THE NORTHERN PART OF THE RUSSIAN PLATE: EFFECTS OF THE TECTONIC STRUCTURES ON THE ENVIRONMENT (CASE STUDY FOR ARKHANGELSK REGION)

Y.G. Kutinov, Z.B Chistova, V.V. Belyaev, P.S. Burlakov

The Institute of Ecological Problems in the North UB RAS, Arkhangelsk, Russia

The main task was to study the properties of the tectonic structures in the northern part of the Russian plate and to evaluate their effect on the environmental changes (biosphere, an atmosphere, and hydrosphere). Our data prove that the tectonic structures have an effect on the environment due to the induced currents, deep degassing, and changes in structure of pressure pattern. We observe an 'effect - response' system that means that while changes in a geomagnetic field and atmospheric pressure effect the stress-strain state of the geologic environment, the environment effects the solar and meteorological parameters alike. Research in energy characteristics of the tectonic disturbances (geomagnetic variations, atmospheric pressure, and deep degassing) and their relations with the environmental conditions allowed the authors to distinguish zones of biologic discomfort.

Keywords: cross of faults, degassing, induced currents, variations in geomagnetic fields.