

6. Шварцман Ю.Г. Тепловой режим и новейшая геодинамика литосферы пограничных районов Мезенской синеклизы // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Пятые научные чтения Ю.П. Булашевца. Матер. конф. 6-10 июля 2009. Екатеринбург, 2009. С. 560-565.
7. Губайдуллин М.Г. Основные сведения о геологическом строении восточной части Белого моря // Система Белого моря. Т. I. Природная среда водосбора Белого моря. М.: Научный мир, 2010. С. 4-58.
8. Малов А.И. Подземные воды Юго-Восточного Беломорья. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 232 с.
9. Воейкова О.А., Макаров В.И., Несмеянов С.А. Изучение приповерхностных новейших разрывных нарушений платформ при инженерных изысканиях // Геоэкология, 2007. №3. С. 267-280.
10. Несмеянов С.А. Перспективные направления инженерной геотектоники. М.: Научный Мир, 2005. 304 с.
11. Макаров В.И., Дорожко А.Л., Макарова Н.В., Макеев В.М. Современные геодинамически активные зоны платформ // Геоэкология, 2007. № 2. С. 99-110.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСТРОВА КИЖИ ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Дейнес Ю.Е.

ГИ КНЦ РАН, Петрозаводск, deines@krc.karelia.ru

Остров Кижы — жемчужина Севера России, находится в северо-западной части Онежского озера, примерно в 70 км от Петрозаводска. Музей-заповедник «Кижы» является частью природно-ландшафтного комплекса Заонежья, отличающегося от сопредельных территорий практически по всем природным параметрам: климату, геологическому строению, рельефу, почвам, флоре и фауне. Геологическую историю формирования этого района можно проследить, начиная с 2-х миллиардов лет. Коренные породы представлены осадочными, вулканогенно-осадочными, вулканическими и магматическими породами заонежской свиты людикийского надгоризонта нижнего протерозоя. Это алевролиты, алевропелиты, кремнистые и карбонатсодержащие породы, шунгитоносные породы, туфы, базальты и габбродолериты.

Четвертичные отложения сформированы во время верхневалдайского периода оледенения за счет продвижения ледника и его таяния 12.5-11.3 тыс. лет назад [1]. Преобладают линейные формы флювиогляциальной аккумуляции – озы, дельты и конусы выноса, сложенные песчано-гравийными отложениями. В более поздний период образованы озерно-ледниковые отложения – ленточные глины, сохранившиеся в понижениях рельефа коренных пород; озерные отложения – илы и алевриты; современные болотные отложения.

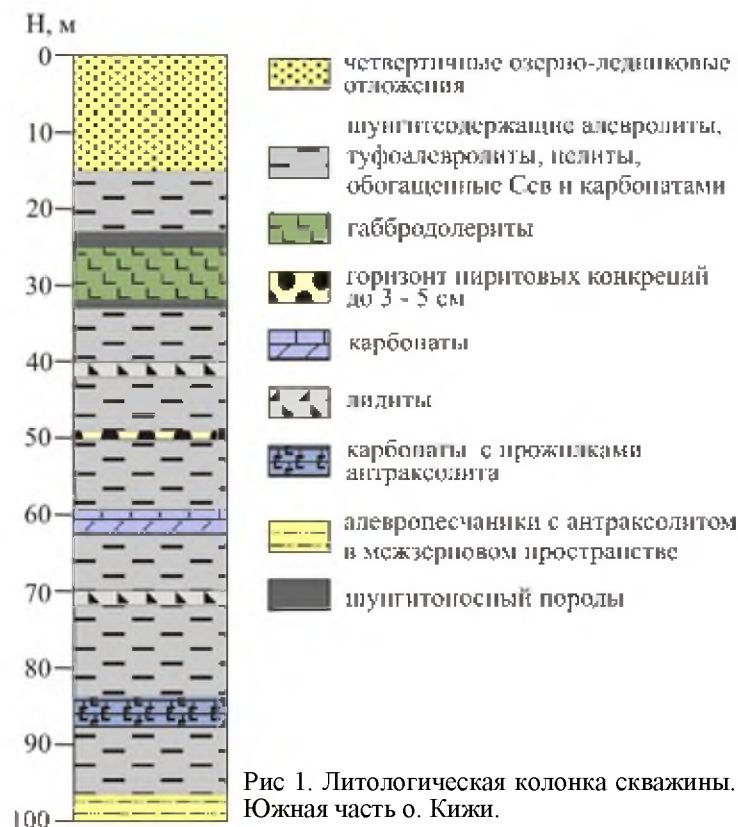


Рис 1. Литологическая колонка скважины. Южная часть о. Кижы.

Имеющиеся данные о геологическом строении протерозойского основания о. Кижы до последнего времени были весьма противоречивыми. Есть упоминание о том, что остров сложен углеродсодержащими породами заонежской свиты, и что на острове есть естественные обнажения таких пород [2]. Однако неоднократные обследования острова, в том числе и в 2001 г., когда уровень воды в озере был достаточно низкий, не подтвердили этого. Из геологической карты 1970 г. [3] следует, что остров сложен метаосадочными породами верхнезаонежской подсвиты. Из работы [4] следует, что остров сложен габбродолеритами и базальтами заонежской свиты.

Пробуренная в 2001 г. в районе административного здания музея «Кижы» скважина вскрыла разрез коренных пород до глубины 100 м (рис. 1): до 15 м – четвертичные отложения – озерные глины и перебитые моренные образования;

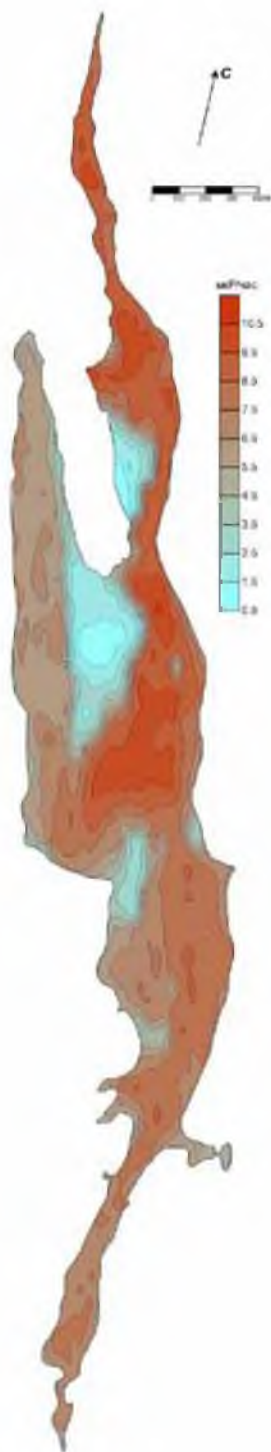


Рис. 2. План изолиний мощности естественного гамма-излучения о. Кижи.

геомагнитного поля. Из полученных результатов следует, что региональное повышение магнитного поля на северо-запад направлено к центру Онежской региональной магнитной аномалии, и в пределах острова соответствует ~ 450 нТл. В осевой части острова поле имеет спокойный характер, что объясняется мощными ледниковыми отложениями (озовые гряды) четвертичного периода. Вдоль берега острова, где четвертичные отложения имеют относительно малую мощность, отмечаются понижения уровня магнитного поля, на фоне которого можно выделить локальные отрицательные аномальные зоны.

Из опыта ранее проводившихся исследований и по физическим свойствам пород, составляющих верхнюю часть разреза Онежского синклинария можно утверждать, что понижение магнитного поля связано с присутствием в разрезе осадочных шунгитоносных пород. Это дает основание интерпре-

в интервале 15-25 м – шунгитоносные породы, местами массивные; 25-30 м – маломощное тело основных пород, лавовый поток или силл габбро-долеритов; до глубины, примерно, 38 м вновь идут шунгитоносные и среди них высокоуглеродистые, часто массивные, породы, к концу интервала содержание шунгитового углерода в породах падает, и в них начинается проявление первичная слоистость; интервал 38-100 м – переслаивание алевролитов, алевропесчаников, туфоалевролитов, в разной степени обогащенных шунгитовым углеродом и карбонатным материалом. По всему разрезу встречаются выделения пирита. В верхних интервалах наблюдаются следы миграции органического вещества в виде блестящих примазок и тонких прожилков антраксолитов. Таким образом, скважина вскрывает достаточно мощный, преимущественно осадочный шунгитоносный горизонт заонежской свиты [5].

Исходя из вышеперечисленного, было сделано предположение о том, что остров Кижи находится в пределах Мунозерской (Мягрозерской) синклинальной структуры второго порядка, аналогичной Толвуйской синклинали, в которой развиты структуры третьего (антиклинали и синклинали) и четвертого порядка (купольные постройки). Для выявления этих структур был использован комплекс геофизических методов, который неоднократно показал свою эффективность по выявлению шунгитоносных горизонтов и купольных построек. В данный комплекс входили гамма-съемка, магнитная съемка и метод естественного электрического поля. В 2001 г. сотрудниками Института геологии КарНЦ РАН были проведены наблюдения за радиационным полем с шагом измерения 20 м. Измерялась мощность экспозиционной дозы естественного гамма-излучения в дозиметрическом варианте, т. е. при условии, когда детектор находился на расстоянии 1 м от поверхности земли. Масштаб съемки 1:10 000. На рисунке 2 приведен план изолиний мощности экспозиционной дозы естественного гамма-излучения. Максимальные значения мощности дозы отмечаются на участках, сложенных четвертичными глинами флювиогляциальных дельт, и не превышают 12 мкР/час. Локальные повышения характерны для отдельных куч валунов, среди которых преобладают высокоуглеродистые (шунгитовые) породы. Кроме того, повышения доз фиксируются на тех участках дорог, где проведена подсыпка гранитным щебнем, завезенным на о. Кижи в 2001 г. Минимальные значения радиационного поля характерны для болот и заболоченных участков, которые занимают существенную часть площади острова. Карта радиационного поля в целом хорошо подчеркивает геоморфологическое строение острова: основную озовую гряду, северо-западную моренную гряду, флювиогляциальные дельты, гляциокарстовые воронки, болота. Можно констатировать, что карта никак не отражает геологическое строение протерозойского основания острова.

Для наблюдений геомагнитного поля использовался пешеходный магнитометр ММП-203. Измерения проводились по маршрутам с шагом 20 м. В результате измерений и последующей обработки полученных результатов был построен план изолиний модуля полного вектора индукции

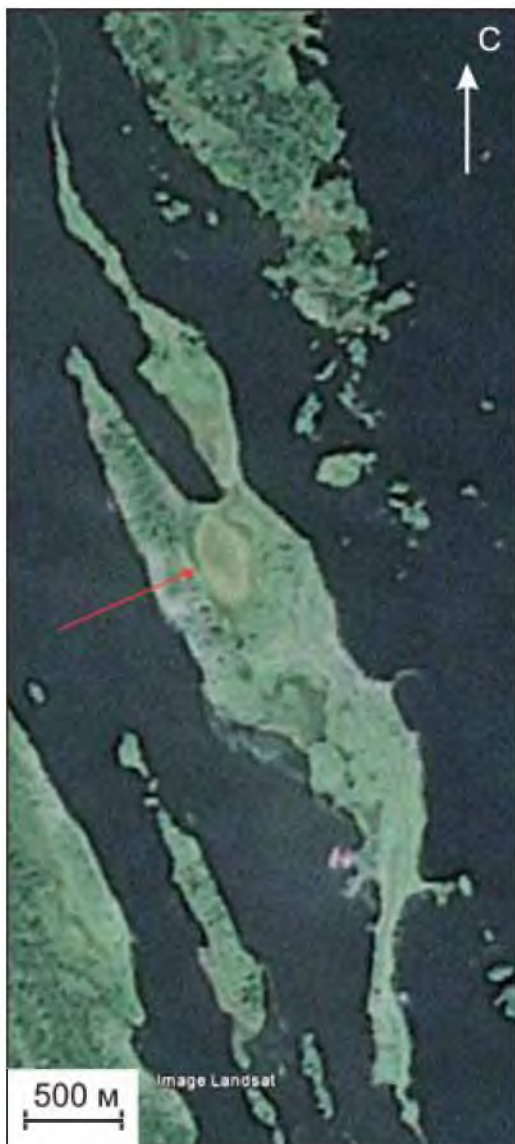


Рис. 3. Остров Кижь (Google Earth).

тирывать локальные отрицательные аномалии как выходы шунгитоносных пород под четвертичными отложениями. Изометричный характер данных аномалий позволяет предполагать наличие в пределах острова куполов, сложенных шунгитами, подобных структурам, изученным в Толвуйской синклинальной структуре.

Шаг измерений методом естественного электрического поля составлял также 20 м. Проведены исследования на северной оконечности о. Кижь и маршрутные наблюдения вдоль восточного берега до д. Ямка. В 2013 г. были проведены дополнительные измерения по шести профилям и магистрали с шагом измерения 10 м. По результатам профилирования можно говорить о региональном понижении естественного электрического потенциала (ЕЭП) к северу, которое совпадает с направлением градиента региональной аномалии электропроводности [6]. Уровень потенциала ЕП наблюдаемый на о. Кижь, характерен для высокоуглеродистых шунгитсодержащих пород (до -800 мВ). Профилированием на севере острова отмечена локальная отрицательная аномалия ЕП, которая пространственно совпадает с локальным понижением магнитного поля. Фоновые значения естественного поля соответствуют измерениям, проведенным в пределах болота. К сожалению, невозможно говорить о геологическом строении болотной части острова, но было замечено, что она заболочена не одинаково: центральная часть болота менее обводнена и имеет форму эллипса, вытянутого в северо-западном направлении, что фиксируется и на космоснимке (рис. 3, стрелкой указано положение болота). Указание на более приподнятый центр болота и более низкие окраины, временами затопливаемые водами Онежского озера, можно также встретить в работе [7]. Можно предположить, что эллипсоидальная форма болота соответствует купольной шунгитоносной постройке, расположенной в пределах антиклинальной структуры третьего порядка. Средние значения

естественного поля, измеренные на границе болото-поле, предположительно соответствуют габбродолеритам, а отрицательная аномалия, фиксируемая в восточной части острова, скорее всего, характеризует вышележащий шунгитоносный горизонт. Западная граница болота слишком ровная, что предположительно связано с разломом, поэтому говорить о геологическом строении западной части острова более сложно.

Таким образом, наше предположение о том, что о. Кижь – это антиклинальная складка третьего порядка с купольной структурой четвертого порядка, западное крыло которой срезано тектоническим разломом, подтверждается геофизическими методами. Об этом косвенно свидетельствуют крупные неокатанные глыбы и валуны максовитов с характерными текстурными признаками на восточном берегу острова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидов И.Н. Четвертичные отложения заказника «Кижские шхеры» // Тр. КарНЦ РАН. Серия «Биогеография Карелии». Вып. 1. Петрозаводск, 1999. С. 11-15.
2. Соколов В.А. Геология и литология карбонатных пород среднего протерозоя Карелии. М.-Л., 1963. 185 с.
3. Подкопаев В.А. и др. Отчет о геолого-разведочных работах, проводимых Великогубской партией СЗТГУ в Медвежьегорском районе КАССР. Фонды ПГО «Севзапгеология». 1970.
4. Голубев А.И. Геологическое строение района заказника «Кижские шхеры» // Тр. КарНЦ РАН. Сер. «Биогеография Карелии». Вып. 1. Петрозаводск, 1999. С. 4-10.
5. Филиппов М.М. Естественные геофизические поля кижских шхер // 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Кижь». Итоги, проблемы, перспективы (Материалы научно-практического семинара). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. С. 41-60.

6. Левин Г.М. и др. Отчет о результатах работ Карельской аэроэлектроразведочной партии за 1973 г. Л., 1974. 191 с.
7. Кузнецов О.Л., Бразовская Т.И., Стойкина Н.В. Флора, растительность и генезис болот в охранной зоне музея заповедника «Кижы» // Тр. КарНЦ РАН. Серия «Биогеография Карелии». Вып. 1. Петрозаводск, 1999. С. 34-41.

ПРОБЛЕМА СЕЙСМО-ИОНОСФЕРНЫХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО ДАННЫМ GPS-НАБЛЮДЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ

Золотов О.В.

ФГБОУ ВПО МГТУ, Мурманск, ZolotovO@gmail.com

Введение

Исследование проблемы ионосферных предвестников землетрясений (ИПЗ) исторически связано с анализом вариаций параметров ионосферной плазмы по данным наблюдений наземных средств (преимущественно станций ионосферного зондирования) и космических аппаратов. При анализе собранного массива данных были обнаружены ионосферные возмущения, ассоциируемые с проникающими через толщу нейтральной атмосферы воздействиями от различных источников, – взрывов, до и после извержений вулканов, тайфунов, циклонов, землетрясений, цунами, техногенных катастроф и пр., а также особенностями тропосферной циркуляции и рельефа местности.

Безусловный интерес для исследователя представляют сами землетрясения, в отношении которых можно сформулировать два вопроса: (1) Могут ли землетрясения возмущать ионосферу? (2) Могут ли литосферные процессы, предшествующие сильным землетрясениям, возмущать параметры ионосферной плазмы?

В отношении первого вопроса в научном сообществе достигнуто согласие, т. е. сами воздействия установлены (как минимум – не отрицаются) и связываются с сейсмическими событиями. В отношении же ИПЗ ведутся активные дискуссии. В настоящее время нет сомнений в том, что некоторые ионосферные вариации, наблюдаемые перед землетрясениями, являются индикатором подготовительных сейсмических процессов в литосфере, однако механизмы наблюдаемых эффектов нельзя считать установленными.

Характерные особенности вариаций ПЭС, наблюдавшихся перед землетрясениями

Карты вертикального полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы в настоящее время активно используются для анализа состояний ионосферной плазмы. В отличие от спутниковых *in situ* наблюдений, а также наземных средств, обеспечивается почти непрерывный по пространству и времени массив данных наблюдений. Пространственное разрешение этих карт составляет 5 ° по долготе и 2.5 ° по широте, соответствующее временное разрешение – 2 ч., погрешность 2-8 ТЕСу, где 1 ТЕСу = 1·10¹⁶ электрон/м² [1]. Наименьшая густота сети и точность глобальных карт вертикального ПЭС ионосферы – над океанами и в южном полушарии.

Ряд авторов выделяют следующий набор признаков [см. напр. 2-4; 5 и библиография в ней; 6]:

(1) аномальные сильные (>30-90 % и более отклонения от невозмущенного состояния) положительные и отрицательные модификации ПЭС перед землетрясениями с магнитудой $M \geq 5$, привязанные к околоэпицентральной области.

(2) Существует эмпирическая оценка зависимости размера зоны, занимаемой возмущениями сейсмической природы, от магнитуды землетрясения [7]:

$$\rho = 10^{0.43 \cdot M}, \quad (1)$$

где ρ – радиус области проявления предвестника (км), M – энергетическая оценка землетрясения (его магнитуда по шкале Рихтера). Оценка (1) получена для максимальных размеров зон деформаций земной поверхности. В типичном случае пространственные размеры ионосферных ПЭС-аномалий составляют более 1500 км по широте и 3500-4000 км по долготе. Форма и размер возмущенных областей в основном сохраняются в течение > 4 ч.

(3) Формирование локальных долгоживущих аномалий начинается от нескольких дней и часов до 1-2 недель до момента реализации землетрясения. Развитие предвестника в ПЭС может сопрово-