

УДК 550.378; 550.389.1

## **ДЕТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ СРЕДНЕГО ТИМАНА**

**А.Ш. МАГОМЕДОВА, В.В. УДОРАТИН, Ю.Е. ЕЗИМОВА**

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар*  
[asmagomedova@geo.komisc.ru](mailto:asmagomedova@geo.komisc.ru), [udoratin@geo.komisc.ru](mailto:udoratin@geo.komisc.ru), [ezimova89@mail.ru](mailto:ezimova89@mail.ru)

В статье представлены результаты магнитометрической и радоновой эманационной съемки в пределах Четласского и Вольско-Вымского поднятий Среднего Тимана. Проведено районирование магнитного поля, в ходе которого выделены разломные зоны, а также линейные и изометричные локальные аномалии. Детальными наземными магнитометрическими работами уточнены контуры отдельных магнитных аномалий и некоторые выделены как перспективные на обнаружение трубок взрыва. Результаты радоновой съемки показали, что разломы характеризуются повышенными значениями объемной активности. Умбинская, Водораздельная и Средненская кимберлитовые трубки также отмечаются повышенными значениями объемной активности радона. Исходя из этого, выполнены радоновые измерения на отдельных локальных магнитных аномалиях и выделены участки для дальнейшего изучения.

**Ключевые слова:** магнитные аномалии, кимберлитовые трубки, разломы, объемная активность радона

### **A.SH. MAGOMEDOVA, V.V. UDORATIN, YU.E. EZIMOVA. DETAILED STUDIES OF LOCAL MAGNETIC ANOMALIES IN THE MIDDLE TIMAN**

In the territory of the Middle Timan, in the southern part of the Chetlass region and in the northern part of the Volsk-Vym uplift, magnetometric studies were conducted to identify local magnetic anomalies. Express emanation survey was carried out within these anomalies.

Zoning of the magnetic field was made on the basis of 1: 25000 scale map, where magnetic anomalies were selected for such qualitative characteristics as gradient, shape, dimensions, sign, intensity and orientation of anomalies. Detailed magnetic and radon surveys were performed on the sites of these anomalies.

In the course of magnetometric studies the Srednensk, Vodorazdel and Sineruchey faults were identified and confirmed on the Volsk-Vym uplift; the Vorykva, Kosyu, Vizinga, Chetlass and Central-Timan faults were identified and confirmed on the Chetlass uplift. The magnetic field of the investigated territories is characterized by the presence of isometric and linearly isometric anomalies. Five anomalies were worked out by ground-based magnetic survey of 1:5000 scale in the southern part of the Chetlass uplift: Mezensk, Povyuga, Svetlinsk 1, Svetlinsk 2, Svetlinsk 3, promising to detect the explosion tubes. Contours of individual magnetic anomalies were exacted by detailed ground-based magnetometric works. Some anomalies were identified as promising for the detection of explosion tubes.

The radon survey of 1: 20000 scale was carried out within the Umba, Vodorazdel, Srednensk tubes. The results showed that the explosion tubes were clearly revealed in the radon field. Based on these results, radon measurements were performed on individual local magnetic anomalies, areas for further study were identified. Faults were also characterized by increased values of the volume radon activity.

**Keywords:** magnetic anomalies, kimberlite tubes, faults, volume radon activity

#### **Введение**

Тектонические разломы представляют собой участки пониженной прочности горных пород, которые следует рассматривать как слабое звено в сис-

теме тектонических объектов. Крупные разломы, протяженностью в первые километры и более, формирование которых связано с тектоническими смещениями больших объемов горных пород, являются локализованными *механическими сдвигами*

или сбросами, сдвигами по простиранию, взбросами, надвигами с геологической позиции [1].

Роль тектонических нарушений земной коры в виде разломных зон является важным элементом в процессе трансформации энергии между геофизическими полями разной природы и полем радонной эманации [2].

Для большинства регионов выделение разломов прямыми методами невозможно из-за слабой обнаженности коренных пород. Поэтому для их изучения геофизические методы являются наиболее эффективными. Надежными считаются сейсмические методы, однако не всегда удается получить материалы хорошего качества, поскольку они дорогостоящие, и в основном направлены на поиски углеводородов. Данные магниторазведки, электроразведки, гравиразведки позволяют картировать разломные зоны. Они доступнее в производстве, но ограничены по природе метода. Наиболее эффективно при картировании – комплексирование методов.

Эманационный метод – один из старейших методов радиометрической разведки месторождений полезных ископаемых. Он также широко используется для решения фундаментальных задач сейсмологии, при решении прикладных задач инженерной и промысловой геофизики [3]. Измерения концентрации радона в подпочвенном воздухе проводятся для различных в геодинамическом отношении регионов с целью выявления разломов, определяемых в тектонике как активные. Информация о них лежит в основе установления теоретических закономерностей разломообразования в земной коре, позволяет оценивать сейсмическую опасность районов интенсивного природопользования, необходима при строительстве коммуникаций, промышленных зданий и сооружений.

Согласно современной точке зрения тектонофизики, разлом у поверхности земли редко представлен лишь узкой полосой. Как правило, это достаточно широкая зона проявления парагенетически связанных разрывных нарушений, обрамленная по периферии участками повышенной трещиноватости. Ее внутреннее строение определяется степенью тектонической активности, стадией развития, размерами и морфогенетическим типом разлома [4].

В связи с этим интересным является изучение разломных зон в поле радона. Анализ публикаций по данной тематике свидетельствует о повышенной радоновой активности разломных зон, а также разрывных нарушений, характеризующейся сейсмической активностью. Такие работы в последнее время активно проводят в Прибайкалье, в результате которых сделан вывод о четком проявлении активных разломов в полях газовых эманаций, причем радон наиболее эффективен ввиду достаточно большого времени распада [5].

#### Объекты и методы исследования

Тиманская гряда – надпорядковая орографически выраженная структура, которая вытянута в

северо-западном направлении и составлена серией кулисообразных горстообразных поднятий, разделенных грабенообразными впадинами. Ее длина с полуостровом Канин достигает 1100 км при ширине 150 км (рис. 1) [6].

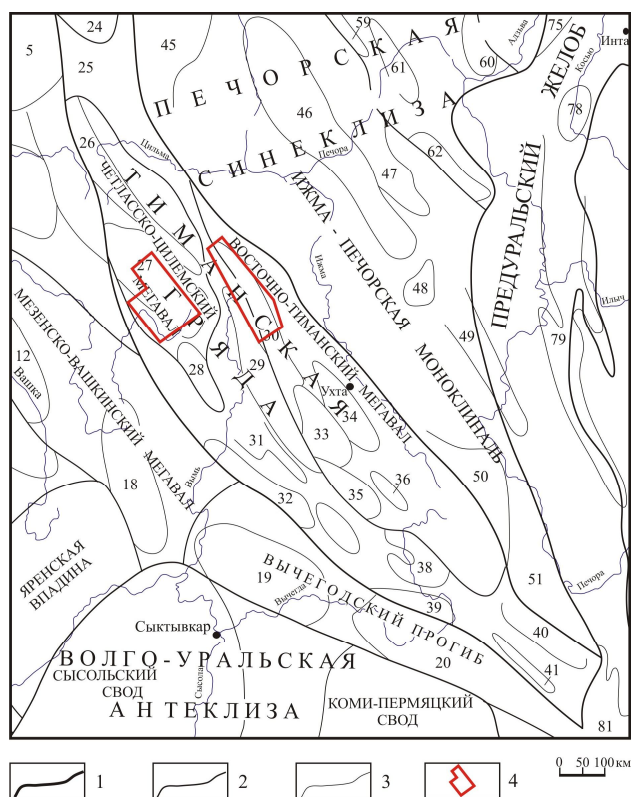


Рис. 1. Тектоническое районирование Тимана и прилегающих территорий (поверхность фундамента). Составили: В.Г. Гецен, В.А. Дедеев, И.В. Запорожцева и др., 1982 г. Границы структур: 1 – надпорядковых, 2 – первого порядка, 3 – второго порядка, 4 – объекты исследования.

Структуры второго порядка: 5 – Пешская котловина, 12 – Вашкинский вал, 18 – Косланский вал, 19 – Вишерская депрессия, 20 – Северо-Кельтменская депрессия, 24 – Северо-Тиманский вал, 25 – Косминская перемычка, 26 – Цилемский вал, 27 – Четласское поднятие, 28 – Обдырский вал, 29 – Верхневымская депрессия, 30 – Вымский вал, 31 – Ропчинский мыс, 32 – Синдорский вал, 33 – Тобышская депрессия, 34 – Ухтинский вал, 35 – Очпарминский вал, 36 – Верхневольская депрессия, 38 – Вольская депрессия, 39 – Джемимпарминский вал, 40 – Немская ступень, 41 – Ксенофонтовский вал, 45 – Тобышская ступень, 46 – Ерсинская депрессия, 47 – Кипиевский мыс, 48 – Лембя-Ираельское поднятие, 49 – Мичаю-Пашнинский мыс, 50 – Омра-Сойвинская ступень, 51 – Джебольшая моноклираль, 59 – Лебединское поднятие, 60 – Нижнеусинская депрессия, 61 – Юрьянский вал, 62 – Лыжско-Кыртаельский вал, 75 – поднятие Чернышова, 78 – Косьюская котловина, 79 – Сын-Ильчская депрессия, 81 – Полюдовское поперечное поднятие.

Fig. 1. Tectonic zoning of the Timan and surrounding territories (foundation surface). Compiled by: V.G. Getsen, V.A. Dedeev, I.V. Zaporozhtseva et al., 1982. Boundaries of structures: 1 – superorder, 2 – first order, 3 – second order; 4 – objects of research.

Second-order structures: 5 – Pesh depression, 12 – Vashka swell, 18 – Koslan swell, 19 – Vishera depression, 20 – North-Keltma depression, 24 – North-Timan swell, 25 – Kosmino bridge, 26 – Tsilma swell, 27 – Chetlass uplift, 28 – Obdyr swell, 29 – Upper-Vym depression, 30 – Vym swell, 31 – Ropchin gore, 32 – Sindor swell, 33 – Tobyss depression, 34 – Ukhta swell, 35 – Ochparmin swell, 36 – Upper-Volsk depression, 38 – Volsk depression, 39 – Dzhezhimparmin swell, 40 – Nem stage, 41 – Ksenofontov swell, 45 – Tobysh stage, 46 – Ersin depression, 47 – Kipiev gore, 48 – Lemyu-Israel uplift, 49 – Michayu-Pashnin gore, 50 – Omra-Soivin stage, 51 – Dzhebol monocline, 59 – Lebedin uplift, 60 – Lower Usinsk depression, 61 – Yuryakhin swell, 62 – Lyzhsko-Kyrtael swell, 75 – uplift of Chernyshov, 78 – Kosyu basin, 79 – Synya-Ilych depression, 81 – Polyudov transverse uplift.

Весь комплекс пород, слагающий Тиманскую гряду, резким угловым несогласием делится на два структурных этажа: нижний – **рифейско-вендский**, представляющий собой консолидированный фундамент, и верхний – **фанерозойский**, платформенный чехол которого сложен преимущественно палеозойскими отложениями от силура (на Северном Тимане) до верхней перми включительно. Под осадочно-метаморфическими образованиями рифея-венда залегают гранитизированные **архей-нижнепротерозойские** кристаллические породы, сведения о вещественном составе которых отсутствуют [6, 7].

Структуры Тиманской гряды выполнены палеозойскими образованиями от лландовери до тарского яруса верхней перми включительно. Породы мезозойского возраста, представленные, главным образом, нижним триасом и средней юрой, развиты на склонах гряды. В её сводовой части встречаются лишь останцы ранее, вероятно, сплошного чехла средне-верхнеюрских отложений [6, 8].

Положение Тиманской гряды в полосе тектонических швов (Западно-Тиманского, Центрально-Тиманского и Восточно-Тиманского), разделивших в рифее области с различной тектонической активностью, определило существование следующих структурно-тектонических зон: Западно-Тиманская (З-ТСЗ), Восточно-Тиманская (В-ТСЗ) и Южно-Тиманская структурные зоны (Ю-ТСЗ).

Западно-Тиманская структурная зона включает в себя *Четласско-Цилемский мегавал*, который, в свою очередь, состоит из структур второго порядка: *Цилемского вала*, *Четласского поднятия* и *Обдырского вала*. Кроме того, в зону входят отдельные структуры второго порядка: *Верхневимская депрессия*, разделяющая Четласско-Цилемский и Восточно-Тиманский мегавалы; *Ропчинский мыс*; *Синдорский вал* и *Нившерская и Вольская депрессии*.

Восточно-Тиманская структурная зона представлена Восточно-Тиманским мегавалом, который резко асимметричен и имеет сильно расчлененный фундамент. Борты вала по фундаменту ограничены зонами Центрально-Тиманского и Восточно-Тиманского взбросо-надвигов. Мегавал состоит из структур второго порядка: *Вымского вала*, *Тобысской*

*депрессии*, *Ухтинского вала*, *Очпарминского вала* и *Верхневольской депрессии* [8, 6].

В Южно-Тиманскую структурную зону (по Е.И.Семеновой: Южно-Тиманскую чешуйчато-надвиговую) входят структуры второго порядка: *Джежимпарминский вал*, *Ксенофонтовский вал* и *Немская ступень*.

Наши исследования проводились на территории Среднего Тимана, в южной части Четласского (ЧП) и северной части Вольско-Вымского (ВВП) поднятий.

*Четласское поднятие* имеет угловатую близкую к прямоугольнику форму. Здесь из известных на Среднем Тимане вскрыты наиболее древние отложения светлинской свиты среднего рифея. Платформенный чехол сохранился лишь на склонах поднятия и в раннефранских грабенообразных впадинах [6].

*Верхневимская депрессия* имеет асимметричное строение с юго-западным пологим бортом и крутым северо-восточным осложненным Вымским взбросо-надвигом, по которому породы рифея надвинуты на верхнепалеозойские отложения. Впадина осложнена тектоническими нарушениями широтного и северо-восточного простирания, которые делят фундамент на отдельные блоки [8].

*Вымский горстообразный вал* с юго-запада ограничен Вымским разломом (взбросо-надвигом) северо-западного (Тиманского) простирания. В гравитационном поле Вымскому валу соответствует положительная аномалия, максимумы которой отражают приподнятое залегание крупного блока фундамента [8, 6].

Объектами исследования являлись изометричные и линейно вытянутые локальные магнитные аномалии в пределах Четласского и Вольско-Вымского поднятий.

За основу районирования магнитного поля взята карта масштаба 1:25000, где были выбраны магнитные аномалии для дальнейшего детального изучения по таким качественным характеристикам, как градиент, форма, размеры, знак, интенсивность и ориентировка аномалий (рисунки 2, 3). В ходе работы нами применялись магнитометрическая и экспрессная эманационная радоновая съемки.

Аномальное магнитное поле есть результат суперпозиций магнитных полей от магнитосодержащих пород глубоких горизонтов земной коры и осадочного чехла. Локальные интенсивные магнитные аномалии, как правило, обусловлены интрузивными телами в фундаменте и осадочном чехле. Эти тела в большинстве случаев приурочены к поверхности фундамента, реже в виде интрузий внедрялись в осадочный чехол. Не исключена возможность магнитовозмущающих объектов на различных глубинах в самом фундаменте. Зоны обширных пониженных значений магнитного поля связываются с увеличением мощности немагнитных рифейских образований. Изометричные аномалии, по всей вероятности, объясняются приближением поверхности фундамента наиболее метаморфизованных кристаллических комплексов.

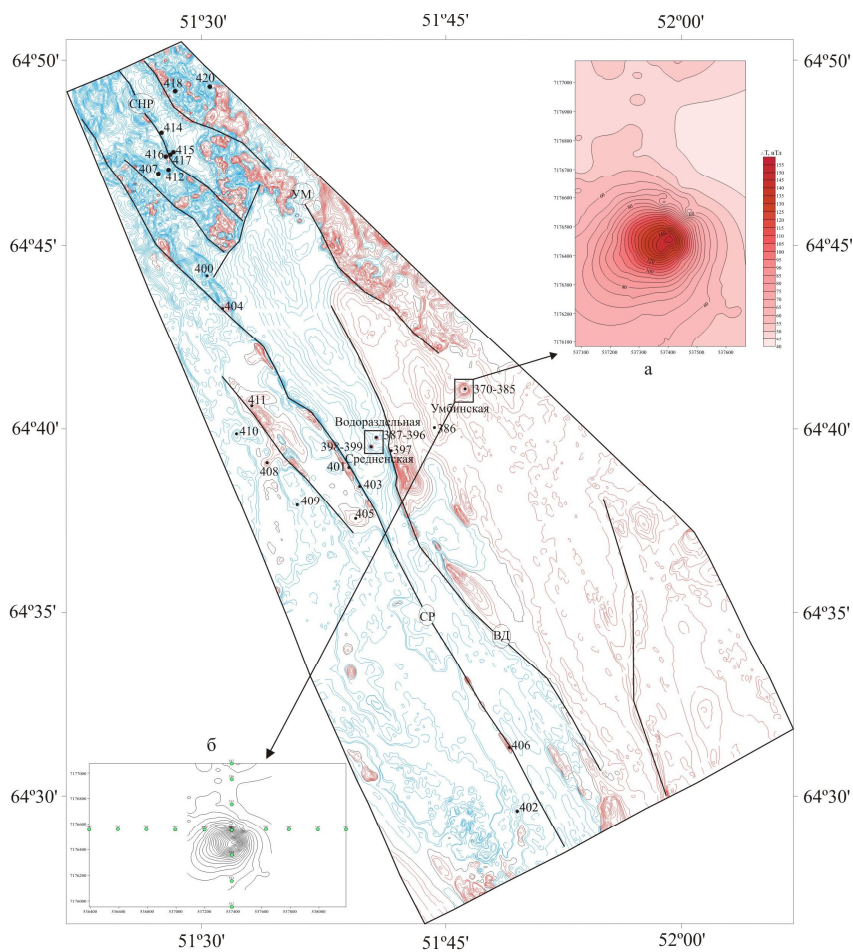


Рис. 2. Карта аномального магнитного поля Вольско-Вымской гряды масштаба 1:25000. Во врезках: а – карта аномального магнитного поля Умбинской трубки масштаба 1:5000; б – схема пунктов наблюдения объемной активности радона Умбинской трубки.

Условные обозначения: 1 – изолинии положительных значений магнитного поля; 2 – изолинии отрицательных значений магнитного поля; 3 – изолинии нулевых значений магнитного поля; 4 – пункты наблюдения объемной активности радона; 5 – разломы: Вольско-Вымская гряда: СР – Средненский, СНР – Синеручейский, УБ – Умбинский, ВД – Водораздельный; Четласское поднятие: ВЗ – Визинский, КС – Косьюский, ВК – Ворыквинский, ЧТ – Четласский, ЦТ – Центральнo-Тиманский.

Fig. 2. The anomalous magnetic field map of the Volsk-Vym ridge, scale 1: 25000. Inset: a – the anomalous magnetic field map of the of the Umba tube, scale 1: 5000, b – the scheme of the volume radon activity observation points of the Umba tube.

Legend: 1 – isolines of positive values of the magnetic field; 2 – isolines of negative values of the magnetic field; 3 – isolines of zero values of the magnetic field; 4 – observation points of the volume radon activity; 5 – faults: Volsk-Vym range: CP – Srednensk, СНР – Sineruchey, УМ – Umba, ВД – Vodorazdel; Четласское поднятие: ВЗ – Vizinga, КС – Kosyu, ВР – Vorykvin, ЧТ – Chetlass, ЦТ – Central-Timan.

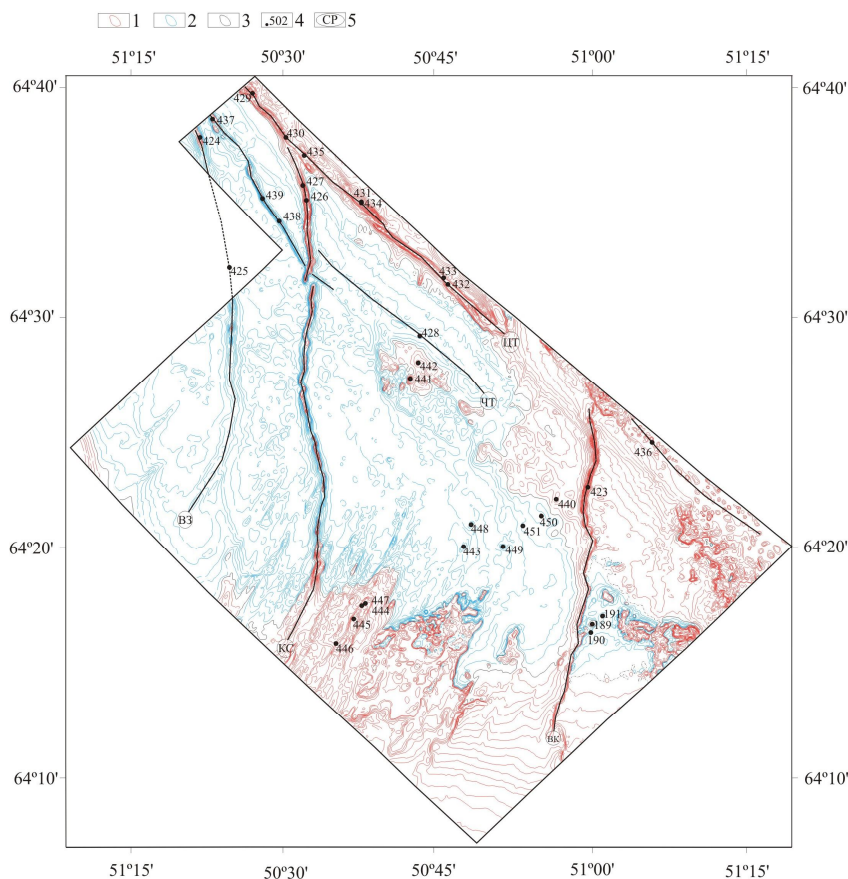


Рис. 3. Карта аномального магнитного поля Четласского поднятия масштаба 1:25000. Условные обозначения см. рис. 2.

Fig. 3. The anomalous magnetic field map of the Chetlass uplift of scale 1: 25000. Legend see. Fig. 2.

Разломные зоны выделяются по характеру магнитного поля, которое базируется на различии магнитных свойств пород в зонах разломов, либо в различии магнитных свойств пород крупных блоков в фундаменте, контактирующих по разлому.

Для выделения разломных зон нами использовались следующие критерии:

- зоны высоких градиентов магнитного поля;
- резкие ограничения, торцевые сочленения аномалий различных ориентировок;
- пересечение аномалий различных простираний, смещение линейных аномалий в плане, резкие изгибы изолиний;
- цепочки узких линейных аномалий, прослеживающиеся в одном направлении.

Для проведения магнитометрических измерений использовался протонный магнитометр типа МИНИМАГ, который предназначен для измерения модуля геомагнитного поля ( $\Delta T$ ) при выполнении наземных магниторазведочных работ в целях поисков и разведке месторождений полезных ископаемых.

Методика исследований предусматривала проведение детальных профильных маршрутов пешими ходами с одновременным измерением вариаций магнитного поля. Пешеходные маршруты выполнялись по прямоугольной сети с различными по детальности участками, а также по отдельным профилям. Шаг измерений составлял 10, 50 и 100 м [9].

Радоновая съемка проводилась при помощи радиометра РРА-01М-01, с чувствительностью не менее  $1.2 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/(с Бк) и 30%-ным пределом допускаемой относительной погрешности. Совместно с радиометром использовалось пробоотборочное устройство ПОУ-04. Для каждого измерения очищалась площадка земли размерами 30×30 см и проводилось бурение скважин глубиной 50 см. Время одного замера от 40 до 60 мин. В случае невозможности бурения скважины измерения выполнялись с поверхности земли.

## Результаты исследований и обсуждение

### Магнитометрические исследования

На первом этапе нами выполнялось районирование территории на основе карты масштаба 1:25000, полученной в результате аэромагнитной съемки [10, 11]. В ходе магнитометрических исследований были выделены на Вольско-Вымском поднятии – Средненский, Водораздельный и Синеручейский разломы (рис. 2), а на Четласском поднятии – Ворыквинский, Косьюский, Визингский, Четласский и Центрально-Тиманский разломы (рис. 3). Разломы *Вольско-Вымской* гряды имеют северо-западное простирание и морфологически классифицируются как взбросо-надвиги [11].

Синеручейский разлом в магнитном поле выделяется по зоне высоких градиентов, где интенсивность магнитного поля достигает 40 нТл. По сравнению с другими разломами он наиболее изучен в геологическом отношении, так как выходит на дневную поверхность [11]. В плане это нарушение в пределах исследуемой территории представляет собой зону от 100 до 1000 м.

Водораздельный и Средненский разломы находятся в центральной части района исследований. Водораздельный разлом прослеживается по резкой смене характера магнитного поля, где интенсивность аномалий изменяется от -10 до 40 нТл, а ширина – от 300 до 700 м. Средненский разлом выделяется по узкой цепочке линейно-вытянутых локальных положительных магнитных аномалий с интенсивностью до 30 нТл. Ширина зоны варьирует от 300 до 600 м.

В пределах Четласского поднятия в магнитном поле по непрерывной цепочке линейно вытянутых аномалий отчетливо выделяются Визингский, Косьюский и Ворыквинский разломы, которые имеют субмеридиональное простирание. Интенсивность аномалий составляет до 30 нТл. Ширина зон – 100–250 м.

Центрально-Тиманский разлом располагается в северо-восточной части района исследований, прослеживается по достаточно широкой зоне положительных аномалий магнитного поля северо-западного направления, ширина которых изменяется от 300 м на севере до 1000 м на юге. Интенсивность аномалий в пределах разлома изменяется от 15 до 50 нТл.

Четласский разлом выделяется на фоне отрицательных значений магнитного поля узкой прерывистой цепочкой аномалий, шириной 100–300 м, интенсивностью 5–10 нТл и имеет северо-западное направление.

Магнитное поле исследуемых территорий характеризуется наличием изометричных и линейно-изометричных аномалий, которые располагаются как группами, так и по отдельности, интенсивностью 5–50 нТл и диаметром 150–450 м. По материалам предшествующих исследований известно, что территории, перспективные на нахождение трубок взрыва, приурочены к узлам пересечения разломов различного направления и находятся в области пониженных значений гравиметрического поля изометричной формы, которые совпадают с положительными изометричными магнитными аномалиями. Интенсивное магнитное поле на этих участках обусловлено телами магматических образований, внедрившихся по ослабленным тектоническими нарушениями участкам земной коры. Для уточнения контуров магнитных аномалий нами выполнялись детальные наземные магнитометрические исследования. В северной части *Вольско-Вымской* гряды по изометричным магнитным аномалиям ранее были выделены и изучены три кимберлитовые трубки: Умбинская, Водораздельная, Средненская.

В пределах Умбинской трубки проведена магнитометрическая съемка масштаба 1:5000 с целью локализации объектов на местности. По полученным данным построена карта аномального магнитного поля (рис. 2 а). Диаметр аномалии составляет 450 м. От центра к периферии интенсивность магнитного поля уменьшается от 150 до 70 нТл. В магнитном поле отчетливо видны плавное очертание контура тела на юго-западе, более резкий градиент на севере и северо-востоке. При сопоставлении

карты аэрогеофизической съемки магнитного поля масштаба 1:10000 и наземной магнитометрической съемки масштаба 1:5000 отмечается хорошая сходимость контуров изолиний аномалии.

Умбинская трубка взрыва представляет собой вертикальное или крутопадающее (85°) на юго-запад трубообразное тело. Сложена она в основном массивными оливиновыми кимберлитами, которые прорывают сланцевые толщи верхнего протерозоя. Перекрывается породами верхнего девона и четвертичными отложениями общей мощностью 72–82 м. Вмещающие трубку породы лунвожской свиты верхнего протерозоя образованы темно-серыми углисто-хлорит-серицитовыми сланцами, параллельно и волнисто-слоистыми с тонкими прослоями светло-серых кварцито-песчаников. Перекрывающие породы верхнего девона нижнефранского подъяруса представлены тремя пачками переслаивающихся зеленовато-серых, серых, иногда коричневатых алевролитов, аргиллитов, реже песчаников с примесью туфогенного материала. Эти пачки разделены прослоями светло-желтовато-серого среднекрупнозернистого кварцевого песчаника. Четвертичные отложения московского горизонта сложены темно-серыми, буровато-серыми суглинками с примесью грубозернистого материала известняков, кремней, сланцев, кварцитов. Встречаются линзы песков и галечников (рис. 4) [12]. В таблице приведены петрофизические характеристики горных пород.

Водораздельная трубка взрыва расположена к востоку от Средненского глубинного разлома се-

веро-западного простирания, представляя собой крутопадающее на юго-запад трубообразное тело. Сложена кимберлитовой туфобрекчией. Трубка прорывает сланцевые толщи верхнего протерозоя и перекрывается четвертичными суглинками мощностью 1–2 м. Вмещающие трубку породы лунвожской свиты верхнего протерозоя образованы темно-серыми, углисто-хлорит-серицитовыми сланцами неясно параллельно-слоистой текстуры. Общая дислоцированность верхнепротерозойских пород района затрудняет выделение плективных деформаций, связанных со становлением трубки (рис. 4) [12].

Средненская трубка взрыва также расположена к востоку от Средненского глубинного разлома северо-западного простирания. Склонение трубки крутое (85°) на юг или юго-запад. Сложена кимберлитовой туфобрекчией. Трубка прорывает сланцевые толщи верхнего протерозоя и перекрывается четвертичными суглинками мощностью 1–5 м. Вмещающие трубку породы лунвожской свиты верхнего протерозоя представлены темно-серыми, углисто-хлорит-серицитовыми сланцами, параллельно и волнисто-слоистыми с тонкими прослоями серых кварцитов и кварцито-песчаников (рис. 4) [12].

В южной части *Четласского* поднятия наземной магнитной съемкой масштаба 1:5000 были детально отработаны пять аномалий: Мезенская, Пovyюгская, Светлинская 1, Светлинская 2, Светлинская 3, перспективные на обнаружение трубок взрыва. По полученным данным построены карты изолиний аномального магнитного поля для каждого участка.

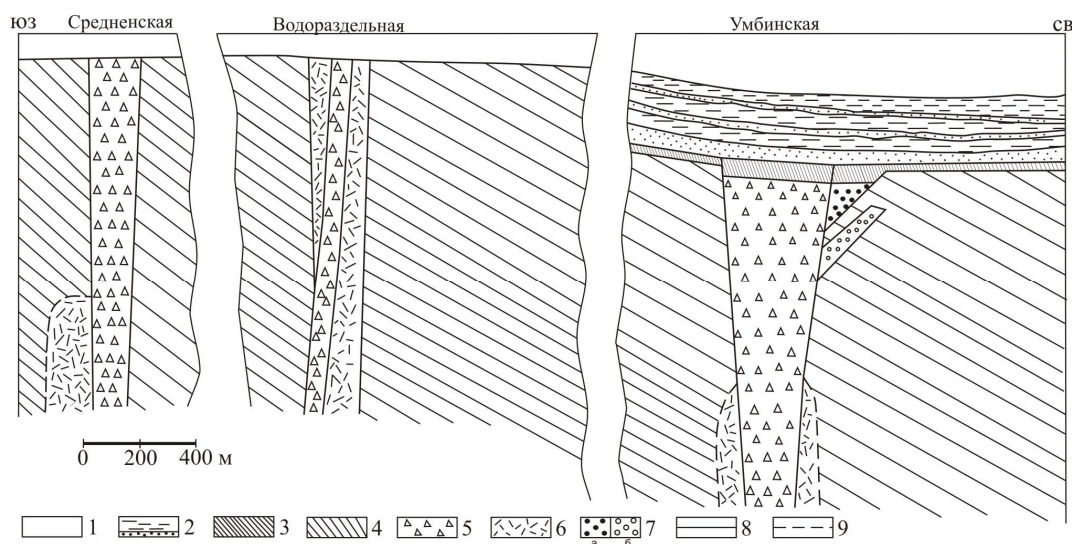


Рис. 4. Схематический геологический разрез Умбинского кимберлитового поля (Н.А. Айбабин и др., 1982 г.).

Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения, 2 – отложения верхнего девона  $D_3(ps-kn)_1$ , 3 – кора выветривания, 4 – отложения верхнего протерозоя  $PR_2lv$ , 5 – отложения взрывной фации (туфобрекчия), 6 – кимберлиты субинтрузивной фации (массивные микролитовые), 7 – кимберлиты субвулканической фации (массивные безмикрولитовые); контуры кимберлитовых тел: 8 – выявленные, 9 – предполагаемые.

Fig. 4. Schematic geological section of the Umba kimberlite field (N.A. Aibabin et al., 1982).

Legend: 1 – quaternary deposits, 2 – deposits of the Upper Devonian  $D_3(ps-kn)_1$ , 3 – weathering crust, 4 – deposits of the Upper Proterozoic  $PR_2lv$ , 5 – deposits of explosive facies (massive microlitic), 6 – kimberlites of subintrusive facies (massive unmicrolitic); contours of kimberlite bodies: 8 – identified, 9 – estimated.

**Физические свойства горных пород  
(по данным В.Г. Шаметько, 2003)  
Physical properties of rocks  
(according to V.G. Shamet'ko, 2003)**

Название пород	Магнитная восприимчивость $\chi 10^{-6}$ ед. СГС	Удельное электрическое сопротивление, Ом
Породы верхнего рифея и нижнего венда		
Кварциты	0-20 8-12	800-5000 1000-3000
Сланцы	4-720 30-60	500-1500
Сланцы магнетитсодержащие	750-7000 900-1000	500-1500
Кварцито-песчаники	0-25 5-10	1500-5000
Алевролиты, аргиллиты	10-40 13-17	500-800
Доломиты, известняки	3-18 8-10	—
Породы среднего-верхнего девона		
Песчаники	5-680 60-70	—
Алевролиты, аргиллиты	30-1400 90-130	20-600 30-100
Доломиты, известняки	0-10	1000-10000 1000-5000
Базальты	100-10000 1000-3000	1000-3000 1500-2000
Туфы, туффиты	20-735	1000-10000
Интрузивные образования		
Кимберлиты	0-4000 1000-3000	20-250
Пикритовые порфириды	80-8000 1000-3000	—
Карбонатиты	15-100 30-40	—
Метадиабазы	40-880 около 100	—
Отложения четвертичной системы		
Пески	8-72 около 30	100-1000
Глины	73-450 около 260	20-50
Суглинки	15-660 30-50	—

**Мезенская аномалия.** В общем плане представляет собой две цепочки отдельных положительных аномалий магнитного поля, линейно вытянутых в северо-восточном направлении. Размеры отдельных аномалий в среднем составляют 50x50 м. Размеры первой цепочки аномалии – 120x900 м, второй – 110x300 м. Интенсивность первой магнитной аномалии наибольшая в центральной части, достигает 200 нТл, падая на юго-запад и северо-восток. Вторая цепочка аномалий значительно меньше по интенсивности (рис. 5). На карте магнитного поля масштаба 1:25000 данная аномалия является отдельной и изолированной. Она имеет форму эллипса, источником которой может являться как единичная, так и несколько отдельных изометричных, близко находящихся друг от друга аномалий. Выполненные работы подтверждают дайковую природу аномалии, являющуюся северным окончанием «косьюского дайкового поля».

**Повьюгская аномалия.** На данном участке наблюдается положительная аномалия значений магнитного поля эллипсовидной формы с интенсивностью  $\Delta T_a$  в центре 340 нТл, простирающаяся в меридиальном, отчасти северо-северо-западном направлении. Магнитная аномалия осложнена на севере отдельным пиком, что и придает ей такую

форму. Размеры локальной аномалии – 120x160 м (рис. 6). На карте магнитного поля масштаба 1:25000 данная аномалия является отдельной и изолированной, имеет правильную изометричную форму. Детальные изучения подтвердили местоположение аномалии, более точно характеризуя ее форму.

**Светлинская 1 аномалия.** В магнитном поле данного участка прослеживается линейно вытянутая в меридиальном направлении положительная аномалия с размерами 120x400 м, с интенсивностью 110 нТл. Аномалия осложняется на севере и юге отдельными пиками меньшей интенсивности. Размеры центральной области аномалии – 120x250 м (рис. 7). На карте магнитного поля масштаба 1:25000 данная аномалия является отдельной и изолированной, имеет изометричную, несколько вытянутую в северном направлении форму и находится в сложной зоне пересечения разломов. Детальное изучение подтвердили местоположение аномалии, характеризуя ее как узкую линейную область, отвечающую внедрению дайковых тел и являющуюся продолжением разломной зоны.

**Светлинская 2 аномалия.** Магнитное поле участка представлено двумя цепочками линейно вытянутых положительных аномалий. Первая аномалия пересекает весь участок в центральной его части с юго-востока на северо-запад, имеет ширину 100–120 м. Она состоит из серии отдельных магнитных аномалий интенсивностью от 20 до 70 нТл. Вторая аномалия находится в северо-восточной части участка, имеет северо-северо-западное простирание с размерами 100x400 м (рис. 8). На карте магнитного поля масштаба 1:25000 данная аномалия является отдельной и изолированной, имеет изометричную, несколько неправильную форму. Детальное изучение магнитной аномалии показало, что она отвечает узкой линейной зоне внедрения дайковых тел, сопряженной с областью Центрально-Тиманского разлома, и имеет общее северо-западное направление.

**Светлинская 3 аномалия.** В магнитном поле данного участка отчетливо выделяется аномалия изометричной формы с интенсивностью в центре 130 нТл, размер ее 100x100 м (рис. 9). На карте магнитного поля масштаба 1:25000 данная магнитная аномалия находится в зоне сочленения разломов, являясь частью обширной области положительных значений магнитного поля. Проведенные исследования показали, что выделенная аномалия является обособленной и имеет изометричную форму.

#### **Радиометрические исследования**

Задача исследований заключалась в проведении экспрессной эманационной радоновой съемки в пределах Среднего Тимана, выявлении закономерностей пространственных вариаций объемной активности радона и оценки активности разломных зон и отдельных локальных магнитных аномалий.

Поскольку трубки состоят преимущественно из сильно раздробленных и трещиноватых пород, они являются каналом для выхода на поверхность глубинных газов. В связи с этим появляется возмож-

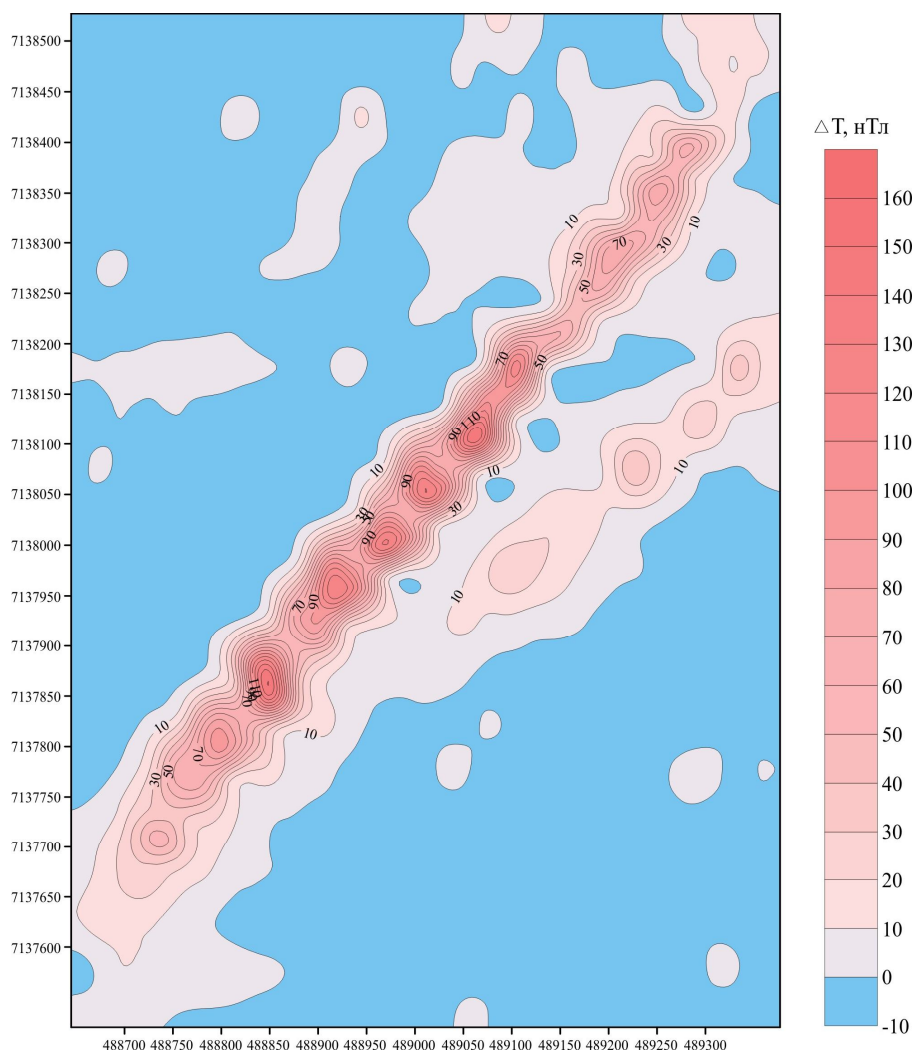


Рис. 5. Карта изолиний аномального магнитного поля. Мезенская аномалия.  
Fig. 5. The map of the anomalous magnetic field. Mezen anomaly.

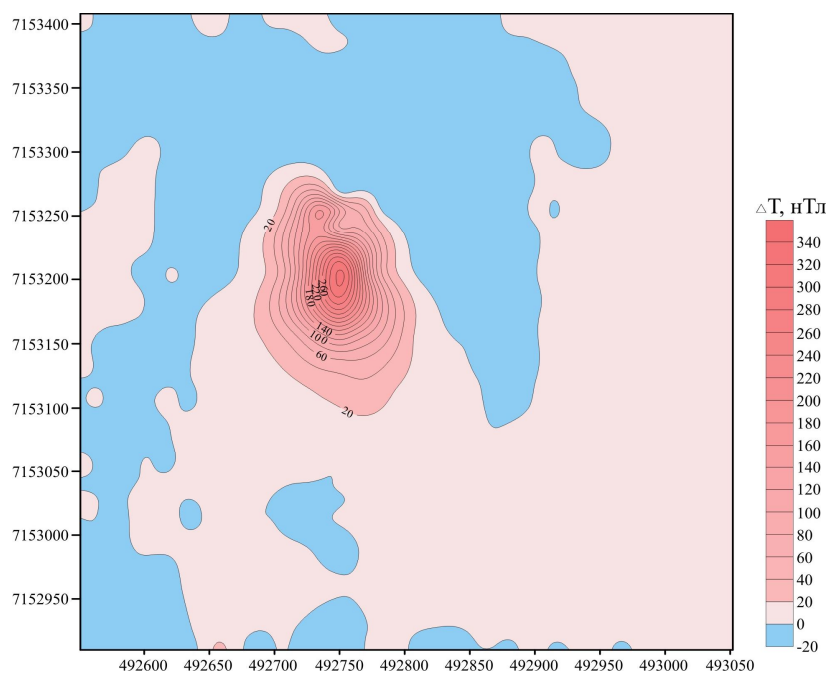


Рис. 6. Карта изолиний аномального магнитного поля. Повьюгская аномалия.  
Fig. 6. The map of the anomalous magnetic field. Povyug anomaly.



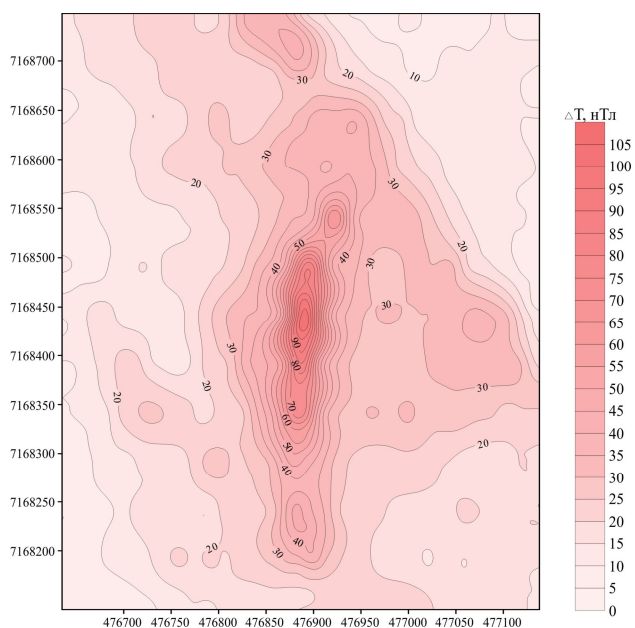


Рис. 7. Карта изолиний аномального магнитного поля. Светлинская 1 аномалия.  
Fig. 7. The map of the anomalous magnetic field. Svetlinsk 1 anomaly.

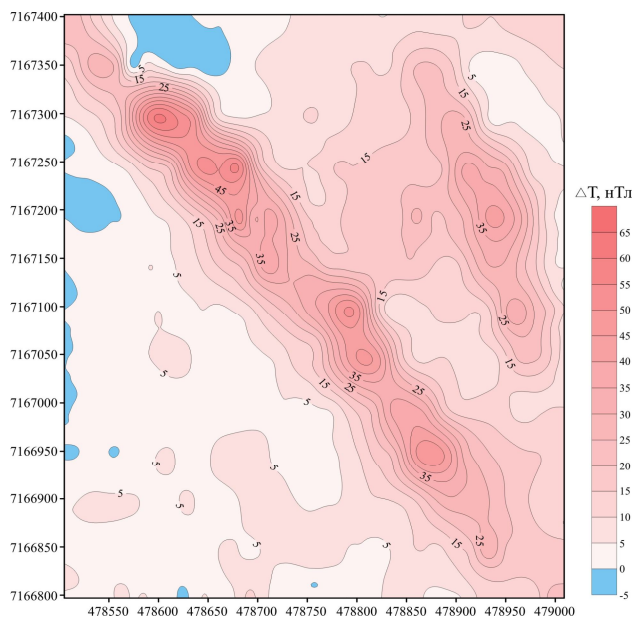


Рис. 8. Карта изолиний аномального магнитного поля. Светлинская 2 аномалия.  
Fig. 8. The map of the anomalous magnetic field. Svetlinsk 2 anomaly.

ность выполнения эманационной радоновой съемки, так как радон наиболее эффективен ввиду достаточно большого времени распада. На территории Умбинской трубки нами проведена радоновая съемка масштаба 1:20000. Измерения радоновой активности проводились по профилям север-юг, запад-восток (рис. 2 б). Наблюдения повторялись в течение трех дней. По полученным данным были построены графики изменения объемной активности радона (ОАР) по профилям (рис. 10) и составлена схема изолиний распространения поля радона

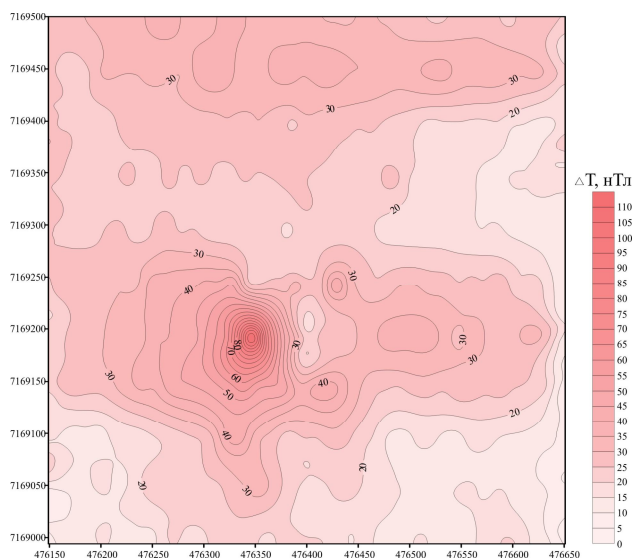


Рис. 9. Карта изолиний аномального магнитного поля. Светлинская 3 аномалия.  
Fig. 9. The map of the anomalous magnetic field. Svetlinsk 3 anomaly.

по площади (рис.11). По профилю запад-восток значения ОАР плавно увеличиваются от 64 Бк/м<sup>3</sup> до максимального значения, затем снижаются до 146 Бк/м<sup>3</sup>. Значения ОАР профиля север-юг изменяют-

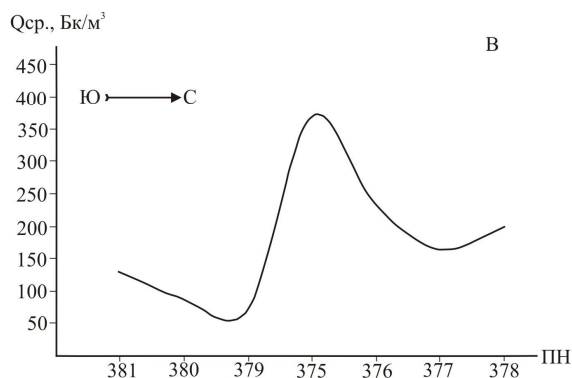
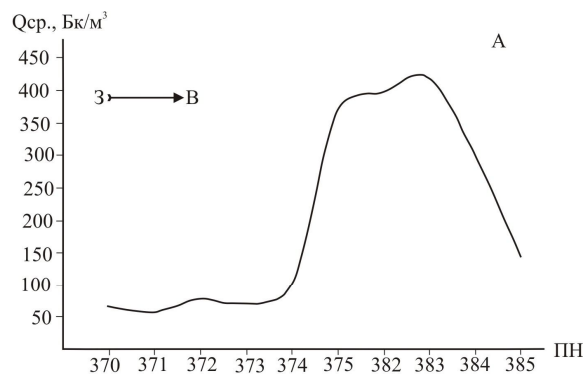


Рис. 10. Графики объемной активности радона через Умбинскую кимберлитовую трубку. А – направление запад-восток, В – направление юг-север  
Fig. 10. Graphs of the volume radon activity across the Umba kimberlite tube. a – west-east direction, b – south-north direction.

ся от 128 Бк/м<sup>3</sup>, сначала понижаются до 69 Бк/м<sup>3</sup>, затем резко увеличиваются до 367 Бк/м<sup>3</sup> и плавно опускаются до 198 Бк/м<sup>3</sup>. На графиках и схеме отмечается зона повышения ОАР с максимальным значением 419 Бк/м<sup>3</sup>. Форма радоновой аномалии имеет линейно-изометричную форму. Смещение центральной части радоновой аномалии относительно магнитной происходит на северо-восток на 100 м и приурочено к наиболее градиентной зоне. Это объясняется наклоном трубочного тела и связывается с различной степенью раздробленности пород (рис.11).

Разломные зоны также характеризуются наличием повышенного фона радона, который прослеживается в пределах Синеручейского, Ворыквинского, Визингского, Четласского и Центрально-Тиманского разломов, где значения ОАР находятся в диапазоне 256–1019 Бк/м<sup>3</sup> (рисунки 2, 3).

### Заключение

В ходе магнитометрических исследований нами были выделены, а также подтверждены на Вольско-Вымском поднятии Средненский, Водораздельный и Синеручейский разломы, а на Четлас-

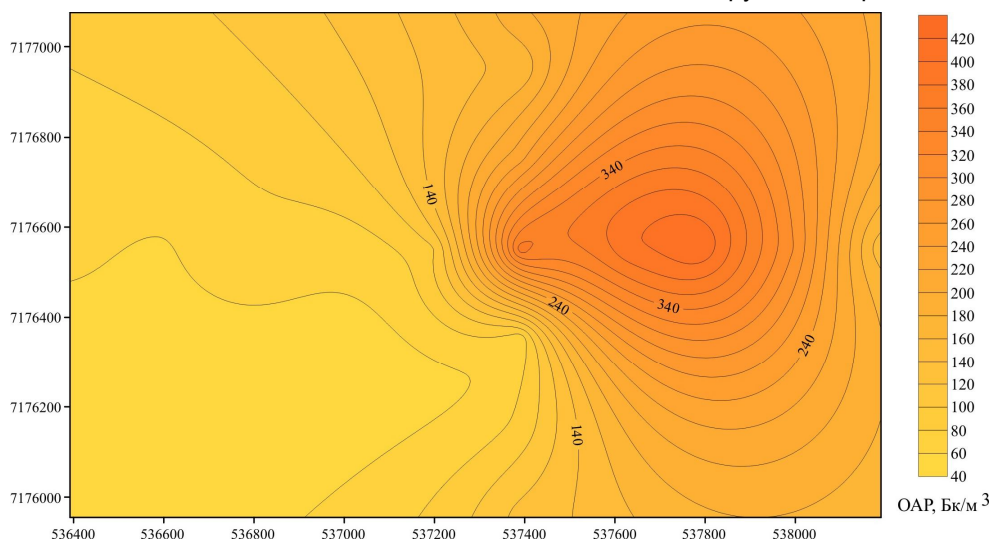


Рис. 11. Схема распространения поля радона в пределах Умбинской кимберлитовой трубки.  
Fig. 11. The scheme of the radon field distribution within Umba kimberlite tube.

На участках Водораздельной и Средненской трубок измерения ОАР осуществлялись также по профилям север–юг, запад–восток. Максимальное значение ОАР в центре Водораздельной трубки составляет 1153 Бк/м<sup>3</sup>, а в центре Средненской – 547 Бк/м<sup>3</sup>. Небольшое смещение радоновых аномалий по отношению к магнитным также отмечается по направлению северо-восток. Повышенные значения радоновой активности Водораздельной и Средненской трубок в сравнении с Умбинской объясняются тем, что они перекрыты только четвертичными отложениями, тогда как Умбинская трубка – породами верхнего девона и четвертичными суглинками.

Учитывая тот факт, что трубки взрыва отчетливо проявляются в поле радона, становится актуальным исследовать схожие изометричные аномалии. На изучаемой территории были выбраны как отдельные, так и групповые локальные магнитные аномалии, исходя из формы, интенсивности, знака, а также местонахождения. В результате исследований в пределах Вольско-Вымской гряды была отмечена серия магнитных аномалий, которым соответствуют повышенные значения ОАР (1241–1587 Бк/м<sup>3</sup>), находящиеся вблизи Синеручейского разлома, а также в центральной части Четласского поднятия в интервале от 360–640 Бк/м<sup>3</sup>. Интересным является факт группового расположения аномалий (рисунки 2, 3).

ском поднятии – Ворыквинский, Косьюский, Визингский, Четласский и Центрально-Тиманский разломы. Детальными магнитометрическими работами уточнены контуры отдельных магнитных аномалий в пределах Четласского поднятия. Наибольший интерес для дальнейших исследований представляют Повьюгская и Светлинская 3 магнитные аномалии.

По результатам экспрессной эманационной съемки радона разломные зоны на территории южной части Четласского поднятия и северной части Вольско-Вымской гряды характеризуются повышенными значениями ОАР. Следует отметить об активности отдельных разломных зон или отдельных ее участков.

Умбинская, Водораздельная и Средненская кимберлитовые трубки отличаются повышенными значениями ОАР, что может являться дополнительным поисковым критерием. С учетом этого радоновой съемкой были оработаны 26 локальных магнитных аномалий, пять из которых представляют интерес для дальнейшего изучения. Кроме того, полученные результаты показывают на возможность применения радоновой съемки для выделения и картирования разломных зон, оценки степени их тектонической активности.

*Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН № 15-18-5-11.*

## Литература

1. *Ребецкий Ю.Л.* Разлом – особое геофизическое тело в земной коре // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов Всероссийской конференции. М., 2009. Т. 2. С. 123–131.
2. *Спивак А.А.* Особенности геофизических полей в разломных зонах // Физика Земли. 2010. №4. С. 55–66.
3. *Рудаков В.П.* Эманионный мониторинг геосред и процессов. М.: Научный мир, 2009. 176 с.
4. *Бобров А.А.* Отражения некоторых особенностей разломных зон Приольхонья и Южного Приангарья в эманациях радона // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов Всероссийской конференции. М., 2009. Т. 2. С. 5–9.
5. *Семинский К.Ж., Черемных А.В., Бобров А.А.* Разломные зоны Прибайкалья: внутренняя структура и геофизические поля // Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов Всероссийской конференции. М., 2009. Т. 2. С. 151–156.
6. *Структура платформенного чехла Европейского Севера СССР* / Под ред. В.А. Дедеева. Л.: Наука, 1982. 200 с.
7. *Гецен В.Г.* Тектоника Тимана. Л.: Наука, 1987. 171 с.
8. *Семенова Е.И.* и др. Отчет по теме 9347 "Обобщение геолого-геофизических материалов Вычегодского прогиба с целью построения тектонических схем по фундаменту и осадочному чехлу". Ухта, 1993.
9. *Магомедова А.Ш.* Локальные магнитные аномалии Четласского камня и их геологическая природа // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 8. С. 21–23.
10. *Пармузин Н.М.* Отчет на производство поисковых работ на комплекс полезных ископаемых (марганец, редкие металлы, алмазы, золото) на территории Четласского Камня (Средний Тиман) и его обрамления на территории Республики Коми. Инта, 2003.
11. *Шаметко В.Г.* Отчет. Поисковые работы на коренные источники алмазов в северной части Вольско-Вымской гряды. Ухта, 2003.
12. *Отчет.* Поисково-оценочные работы на алмазы на Умбинском и Мезенском участках / Н.А. Айбабин, Л.П. Дудар, С.М. Саблуков, Е.Г. Довжикова, И.Г. Плякина. Ухта, 1982.
3. *Rudakov V. P.* Emanatsionnyi monitoring geosred i protsessov [Emanation monitoring of geological environment and processes]. Moscow: Nauchnyi mir [Sci. world], 2009. 176 p.
4. *Bobrov A. A.* Otrazheniya nekotoryh osobenostey razlomnyh zon Priolhonya I Yuzhnogo Priangar'ya v emanatsiyah radona [Some features of faults zones of Olkhon and South Angara area in radon emanations] // Tektonofizika I aktualnye voprosy nauk o zemle [Tectonophysics and actual problems of Earth Sciences]: Materials of All-Russia Conf. Moscow, 2009, Vol. 2. P. 5–9.
5. *Seminsky K.Zh., Cheremnykh A.V., Bobrov A.A.* Razlomnye zony Pribaikal'ya: vnutrennyaya struktura I geofizicheskie polya [Fault zones of Baikal area: inner structure and geophysical fields] // Tektonofizika I aktualnye voprosy nauk o zemle [Tectonophysics and actual problems of Earth Sciences]: Proc. of All-Russia conf. Moscow, 2009. Vol. 2. P. 151–156.
6. *Struktura platformennogo chehla* Evropeiskogo Severa SSSR [Structure of platform cover of the European North of the USSR] / Ed. V.A. Dedeev. Leningrad: Nauka, 1982. 200 p.
7. *Getsen V.G.* Tektonika Timana (Tectonics of the Timan). Leningrad: Nauka, 1987. 171 p.
8. *Semenova E.I. et al.* Otchet po teme 9347 «Obobshenie geologo-geofizicheskikh materialov Vychegodskogo progiba s tsel'yu postroeniya tektonicheskikh shem po fundamentu i osadchnomu chehlu» [Report on the subject 9347 "Generalization of geological and geophysical data of the Vychegodsk depression with the aim of construction of tectonic schemes on foundation and sedimentary cover"]. Ukhta, 1993.
9. *Magomedova A. Sh.* Lokalnye magnitnye anomalii Chetlasskogo kamnya i ih geologicheskaya priroda [Local magnetic anomalies of the Chetlass rock and their geological nature] // Bull. of Inst. of Geology, Komi Sci. Centre, Ural Br., RAS. No.8. 2006. P. 21–23.
10. *Parmuzin N. M.* Otchet na proizvodstvo poiskovyh rabot na kompleks poleznyh iskopayemyh (marganets, redkie metally, almazy, zloto) na territorii Chetlasskogo kamnya (Sredniy Timan) i ego obramleniya na territorii Respubliki Komi (Report for search works for mineral resources (manganese, rare metals, diamonds, gold) in territory of the Chetlass Rock (Middle Timan) and its boundaries in territory of the Komi Republic. Inta, 2003.
11. *Shametko V.G.* Poiskovye raboty na korennye istochniki almazov v severnoy chasty Vol'sko-Vymskoy gryady [Search works for primary sources of diamonds in the northern part of the Volsk-Vym ridge). Ukhta, 2003.
12. *N.A. Aibabin, L.P. Dudar, S.M. Sablukov, E.G. Dovzhikova, I.G. Plyakina* / Poiskovo-otsechnnye raboty na almazy na Umbiskom I Mzenskom uchastke [Search-evaluation works for diamonds in Umba and Mezen areas]. Ukhta, 1982.

## References

1. *Rebetsky Yu.L.* Razlom – osoboe geofizicheskoe telo v zemnoy kore [Fault – special geophysical body in the crust]. Tektonofizika I aktualnye voprosy nauk o zemle [Tectonophysics and actual problems of Earth Sciences]: Materials of All-Russia Conf. Moscow, 2009. Vol. 2. P. 123–131.
2. *Spivak A.A.* Osobennosti geofizicheskikh poley v razlomnyh zonah [Features of geophysical fields in fault zones]. Fizika Zemli [Physics of the Earth]. 2010. No. 4. P. 55–66.