

УДК: 552.3/6

Иванов Денис Игоревич

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: planeta5.voshod3@gmail.com**Мальчушкин Евгений Сергеевич**

ОСП "Амургеология", АО "Дальневосточное ПГО"

г. Благовещенск, Россия

E-mail: alaundo@mail.ru**Кезина Татьяна Владимировна**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: tkezina@mail.ru**Ivanov Denis Igorevich**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: planeta5.voshod3@gmail.com**Malchushkin Evgeny Sergeevich**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: alaundo@mail.ru**Tatyana Vladimirovna Kezina**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: tkezina@mail.ru**РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД БЛАГОВЕЩЕНСКОГО ВЫСТУПА ФУНДАМЕНТА АМУРО-ЗЕЙСКОЙ ВПАДИНЫ****RADIOLOGICAL STUDIES OF MAGMATIC AND METAMORPHIC ROCKS OF BLAGOVESHCHENSKY BULGE OF FOUNDATION OF AMURO-ZEYA DEPRESSION**

Аннотация. В статье приведены результаты радиологического исследования магматических и метаморфических пород южной части Амуро-Зейской впадины. Рассмотрены результаты гамма-спектрометрического и радиометрического анализов и проведен их анализ.

Abstract. The article presents the results of a radiological study of igneous and metamorphic rocks of the southern part of the Amuro-Zeya Depression. The results of gamma spectrometric and radiometric analyses were considered and analyzed.

Ключевые слова: гранитоиды, интрузии, дайки, геология, горные породы, метаморфические породы, радиометр, гамма-спектрометр.

Key words: granitoids, intrusions, dykes, geology, rocks, metamorphic rocks, radiometer, gamma spectrometer.

Изучение района было начато с конца XIX в. Первый геологический очерк был подготовлен П.К. Яворовским в 1917 г. С 30-х годов на территории начали проводить геологические съемки масштабов 1:420 000 и 1:1 000 000, которые послужили основой для дальнейших стратиграфических построений [1].

В 1962 г. были составлены геологические и гидрологические карты Амура-Зейской впадины масштаба 1:500 000. Более детально район был изучен при проведении гидрогеологической и геологической съемки масштаба 1:200 000 [5, 6].

Древнейшими образованиями района являются метаморфические сланцы – составная часть фундамента Амура-Зейской впадины. Обнажаются они на левом берегу р. Амур в крутых уступах высоких террас, около северо-западной окраины г. Благовещенска. Тектоническое строение фундамента впадины изучено преимущественно геофизическими методами. По данным, подтвержденным бурением, выделены поднятия и погружения фундамента в виде разновеликих блоков, сложенных протерозойско-кембрийскими метаморфическими образованиями, прорванные позднепалеозойскими гранитоидами в более позднее время. Первоначально возраст метаморфических образований условно был принят позднепротерозойский – раннекембрийский. Косвенным подтверждением возраста геологи считали умеренную степень их метаморфизации, отличающуюся от более молодых образований [6].

Более поздние материалы Государственной геологической карты Амурской области масштаба 1:1 000 000 (третье поколение) говорят о том, что наиболее древние породы района относятся к умеренно щелочным гранитам и гранодиоритам Октябрьского комплекса ордовика γO_0 [7].

В нижнемеловое время здесь активно проявлялась тектоническая деятельность, сопровождавшаяся излиянием эффузивов, представленных андезито-дацитами и лавобрекчиями андезитов. В отчете С.П. Кузьменко [6] указывается, что абсолютный возраст кислых эффузивов, перекрывающих гранитоиды, – раннемеловой (115 млн. лет).

В пояснительной записке к карте 1:1 000 000 они отнесены к Итикутскому комплексу K_{1it} андезитов (андезиты, андезбазальты и их туфы) и Поярковскому комплексу риолитов (K_{1pk}). Образования позднего мела – Хингано-Олонойского комплекса – включают диориты, кварцевые диориты, граниты и гранодиориты [7].

Материалы и методика

С целью изучения магматических и метаморфических пород фундамента Благовещенского поднятия были проведены полевые и лабораторные работы.

Полевые работы включали обследование выходов коренных пород по левобережью р. Амур, от окраины с. Верхнеблаговещенское до северо-западной окраины г. Благовещенска, определение координат, проведение замеров содержания радиоактивных элементов K, U, Th и определение фонового излучения, с отбором образцов из каждой точки наблюдения и каждой разновидности пород.

В ходе исследований были изучены выходы магматических и метаморфических пород в Каменном карьере (восточная и юго-восточная стенки), разрезы в уступе дороги вдоль оз. Ротаньего, до северо-западной окраины г. Благовещенска (цокольная терраса р. Амур, Местонахождение динозавров).

В результате было изучено 11 точек наблюдения и отобрано 13 проб, представленных гранитами, гранодиоритами, граносиенитами, кварцем, андезитами (в Каменном карьере), риолитами (разрез в уступе дороги вдоль оз. Ротаньего) и граносиенитами (цокольная терраса р. Амур). Точки отбора проб показаны на рис. 1, справа, геологическое строение района изображено на рис. 1, слева.

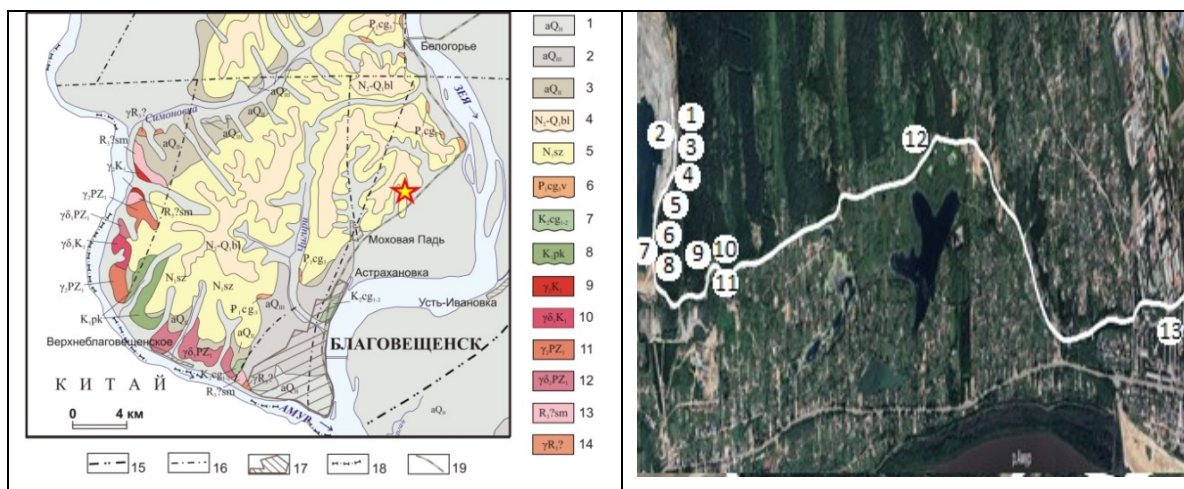


Рис. 1. Геологическая карта - схема южной части Амуро-Зейской впадины [6], слева; точки отбора проб, справа.

Условные обозначения: 1-3 – четвертичные отложения; 4 – неоген-четвертичные отложения; 5 – неогеновые отложения; 6 – палеогеновые отложения; 7,8 – меловые отложения; 9 – граниты раннего мела; 10 – гранодиориты, кварцевые диориты раннего мела; 11,12 – раннепалеозойские интрузии. Справа: 1-11 – точки отбора проб.

Лабораторные исследования включали определение горных пород, работу с геологическими материалами и справочниками [9], повторное проведение замеров гамма-спектрометром GS-512i и дозиметром RADEX RD1008, а также консультации со специалистами.

Граниты, диориты, гранодиориты и кварц – магматические породы кислого и среднего состава. В составе граносиенитов (обр. №5, №13) калиевый полевой шпат, биотит, кислый плагиоклаз, кварц (15-20%), роговая обманка.

В составе диорита (обр. № 1-3) обычен средний плагиоклаз, роговая обманка, иногда авгит и биотит, реже – кварц, вкрапленность пирита [3].

Основные составляющие гранитов (обр. №9) кварц, полевые шпаты, плагиоклаз и биотит. Кварца до 10-35%.

Андезит (обр. № 8) и риолит (обр. №12) – магматические, эффузивные породы, в составе которых плагиоклаз, роговая обманка, биотит и др.

Риолит (обр. №12) – вулканическая порода кислого состава, эффузивный аналог гранита. В ее составе кварц, плагиоклаз, санидин (может присутствовать роговая обманка, магнетит) [3].

Радиологические исследования пород

В маршрутном исследовании, непосредственно в точках наблюдения, были проведены замеры (рис. 2) содержания радиоактивных элементов К, U, Th с использованием портативного гамма-спектрометра GS-512i (рис. 3). Замеры производились в течение 4 мин. [2].

Суммарное ионизирующее излучение определяли с помощью индикатора радиоактивности RADEX RD1008 (рис. 4), предназначенного для обнаружения ионизирующего излучения и оценки значений амбиентного¹ эквивалента дозы, соответствующее показаниям прибора в реальном поле излучения [3].

¹ Амбиентный – эквивалент дозы, который был создан в шаре диаметром 30 см из тканеэквивалентного материала плотностью 1 г/см³ на глубине 10 мм от поверхности [3].



Рис. 2. Проведение замеров гамма-спектрометром GS-512i.



Рис. 3. Портативный гамма-спектрометр GS-512i.



Рис. 4. Дозиметр RADEX RD1008.

Гамма-спектрометр SatisGeo 512i может применяться как для измерения магнитной восприимчивости, так и магнитного поля Земли, а также для проведения гамма-спектрометрических исследований. Прибор имеет 512 каналов, 8 энергетических поддиапазонов (ROI), задаваемых с панели управления. В нем применена автоматическая стабилизация спектра с использованием изотопов Cs137 и Ba133. Прибор оснащен компьютерной программой, что позволяет оперативно обрабатывать

полученные данные. К, U и Th могут анализироваться в процентах или г/т. Имеется блок регистрации GSP-3 и большой графический LCD-дисплей [2].

Гамма-спектрометром замерялось содержание химических элементов К, U, Th как в горных породах в коренном залегании, в полевых условиях, так и в отобранных образцах в лаборатории. Полученные результаты приведены в таблице.

Использованный радиометр RADEX RD1008 (рис. 4) позволил нам оценить мощность экспозиционной дозы изучаемых горных пород источниками гамма- и бета-излучения [4]. Это важно для понимания дозы по каждому виду излучения, так как у них разная проникающая способность и разная опасность.

Прибор способен производить одновременную оценку мощности AMBIENTной дозы гамма-излучения и плотности потока бета-частиц непрерывно. Оценка полученных значений ведется с дисплея. Результаты замеров также приведены в таблице.

**Результаты измерения содержания радиоактивных химических элементов
гамма-спектрометром GS-512i и мощности экспозиционной дозы
излучения прибором RADEX RD1008**

Номер образца	К, %	U, г/т	Th, г/т	Мощность экспозиционной дозы, мкЗв/ч
1. Диориты мелко- среднезернистые	2,33	6,71	15,2	0,15
2. Диориты среднезернистые роговообманковые, с участками мелкозернистой структуры, содержащей тонкую вкрапленность пирита (около 1%)	2,14	8,69	9,18	0,16
3. Диориты средне- крупнозернистые роговообманковые, с частичной мусковитизацией роговой обманки	3,66	3,41	13,43	0,17
4. Граносиениты средне- мелкозернистые	5,63	7,09	21	0,17
5. Граносиениты среднезернистые	5,08	6,96	16,7	0,16
6. Граносиениты амфиболовые мелко- среднезернистые, слабогнейсовидные	3,69	4,02	10,17	0,20
7. Контакт гранодиоритов среднезернистых, массивных и андезитов	3,18	3,63	8,68	0,17
8. Андезиты	2,68	4,24	12,57	0,17
9. Граниты мелко- среднезернистые, амфиболовые	3,42	3,63	11,78	0,17
10. Полевошпат-кварцевая жила средне- крупнозернистая	2,67	14,33	12,62	0,16
11. Диориты биотит-роговообманковые, массивные	2,43	6,93	13,87	0,18
12. Риолиты аргиллизированные	5,5	3,43	21,93	0,16
13. Граносиениты мелкозернистые, амфибол-биотитовые	4,46	5,4	23,44	0,17

Анализируя полученные результаты, можно видеть, что в граносиенитах (обр. №13) наблюдается максимальное содержание тория, равное 23,44 г/т, а в образцах №4, №5 и №6 – 21 г/т, 16,6 г/т и 10,17 г/т соответственно. В диоритах содержание тория от 15,2 г/т (обр. №1) до 9,18 г/т (обр. №2), а в гранитах этот показатель достигает 11,78 г/т (обр. №9), в риолитах – 21,93 г/т (обр. №12).

Что касается урана, то его максимальное содержание отмечается в полевошпат-кварцевой жи-

ле (обр. №10) – 14,33 г/т, меньше содержат диориты – от 8,69 г/т (обр. №2), 3, 41 (обр. №3). В граносиенитах содержание урана изменяется от 4 г/т до 7 г/т. Содержание калия в породах максимально у граносиенитов – от 4 до 6 % (обр. №4, №5, № 13), в андезитах – 2, 68%. У риолитов за счет калиевых полевых шпатов – 5,5% (обр. №12).

В целом, в изученных образцах показания радиации находятся в пределах средних значений. Незначительные превышения можно списать на погрешность приборов.

Мощности экспозиционной дозы исследованных образцов не превышают фоновых значений.

Таким образом, радиоактивные элементы в изученных образцах содержатся в различных концентрациях: уран – от 3,41 г/т до 8,69 г/т в диоритах. Максимальное содержание (14,33 г/т) в жиле кварца, имеющего в своем составе циркон.

Торий в диоритах присутствует от 9,18 г/т до 15,2 г/т. Максимальное его количество – в граносиенитах (до 23,4 г/т) и риолитах (21,93 г/т). Обычно торий представляет собой смеси из одного изотопа с большим периодом полураспада и нескольких изотопов с короткими периодами полураспада, распад которых происходит длительно (месяцы и годы) [9].

В отличие от урана и тория содержания калия в образцах мы определяем в процентах, так как его естественная радиоактивность, благодаря малому содержанию изотопа в природе, невелика. Его значения составляют в среднем 2-3 %, за исключением граносиенитов и риолитов (более 5%). Повышенные содержания калия обычны для умеренно щелочных и щелочных пород кислого ряда, что связано с присутствием калиевых полевых шпатов.

В практике широко применяется метод количественного определения калия при анализе минералов и руд, так как калий и многие другие элементы системы Д.И Менделеева, находящиеся после висмута, обладают естественной радиоактивностью [9].

Кислые магматические породы, к которым принадлежит гранит, иногда используют как сырье для добычи урана. Как правило, источником этого элемента является циркон или торит. Породы с низким содержанием кварца либо не обладают радиоактивностью, либо она ничтожно мала, потому что в них мало акцессорного циркона, тяготеющего к кислым породам. Но наиболее опасен для здоровья человека риолит, так как пористая структура породы наиболее сильно способствует выделению радиоактивного газа – радона [6], однако в текущих исследованиях риолит не показал превышений фона.

Значительное количество тория накапливается в связи с пегматитовыми и постмагматическими процессами, при этом его содержание увеличивается с повышением в породах количества калия. В магматических породах калий распределен неравномерно. Максимальное его содержание наблюдается в кислых породах (сиениты и граносиениты).

Мощности экспозиционной дозы исследованных образцов не превышают фоновых значений, однако они несколько различаются у различных пород. Так, в граносиенитах амфиболовых (обр. №6) отмечается наибольший уровень МЭД, равный 0,2 мзв/ч, что, вероятно, связано с повышенным содержанием акцессорного минерала циркона, имеющего в своем составе примесь урана.

Авторы благодарят В.Е. Стриха, доктора геолого-минералогических наук кафедры ГиП АмГУ, за консультации, а студентов кафедры Е. Дидкова и Н. Демидова за помощь в проведении полевых работ.

1. Геология СССР (Хабаровский край, Амурская область) / под ред. Л.И. Красного. – М.: Недра, 1966. – Т. 19. – 735 с.

2. Гамма-спектрометр GS-512i. Руководство по эксплуатации.

3. Емельянов, П.Ф., Яковлева, Е.Б. Петрография магматических и метаморфических пород. – М., 1985. – 247 с.

4. Индикатор радиоактивности РАДЭКС1008. Руководство по эксплуатации.

5. Караванов, К.П., Юдин, А.И. и др. Геологическое строение, полезные ископаемые, гидрогеологические и

инженерно-геологические условия территории листа М-52-ХІV (г. Благовещенск). Отчет Усть-Зейской партии, 1967–1968 гг. – Хабаровск: ДВТГУ, 1969.

6. Кузьменко, С.П. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Амуро-Зейская. Лист М-52-ХІV (Благовещенск). Объяснительная записка. – М.: ВСЕГЕИ, 1983.

7. Петрук, Н.Н., Волкова, Ю.Р., Шилова, М.Н., Мялик, А.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист М52 – Благовещенск. Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. – 496 с.

8. Электронный петрографический справочник-определитель магматических, метаморфических и осадочных горных пород. Для оперативного использования при создании госгеолкарт -1000/3 и 200/2 для территории Российской Федерации. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. – 890 с.

9. Павлова, Н.И., Хренкова, Т.М. Метод определения калия по естественной радиоактивности //Справочник химика-21. Химия и химическая технология. – 1960. – № 11. – С. 1201.