УДК 504.064.2

Барило Никита Алексеевич, студент гр. 0АМ52
(ТПУ, г. Томск)
Рогова Наталья Сергеевна, доцент, к.т.н.
(ТПУ, г. Томск)

Nikita A. Barilo, student, group 0AM52
(TPU, Tomsk)
Natalia S. Rogova, associate professor, candidate of eechnical sciences
(TPU, Tomsk)

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗМЕИНОГОРСКОМ РАЙОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

RADIOECOLOGICAL STUDY OF A RARE-EARTH ELEMENT DEPOSIT DEVELOPMENT ZONE IN THE ZMEINOGORSKY DISTRICT OF ALTAI KRAI

Работа посвящена исследованию территории разработки месторождения редкоземельных элементов (карьер «Ортитовая сопка»). На 12 участках измерена МАЭД, отобраны и подготовлены пробы, гамма-спектрометрически определены удельные активности ^{232}Th и ^{226}Ra. Построены карты распределения МАЭД и активностей радионуклидов.

Results of a study on thorium-232 and radium-226 distribution in a rare earth element exploration mining zone are presented. Ambient dose equivalent rate measurements, soil sampling, and radionuclide specific activity measurements were performed. Distribution maps of dose rate and specific activity were constructed.

Введение.

Естественные радионуклиды ториевого и уранового рядов, основными представителями которых являются торий, уран, радий и их продукты распада, распространены по всему миру. Средние удельные активности естественных радионуклидов в почвах и горных породах России варьируются в пределах до 100 Бк/кг в зависимости от геологических особенностей местности. [1-2]

Однако при добыче различных полезных ископаемых, в том числе редкоземельных элементов на поверхности концентрируются извлечённые из недр породы и руды, формируются отвалы и отходы обогащения, содержание естественных радионуклидов в которых зачастую значительно

выше фоновых значений [3]. В таких условиях добыча полезных ископаемых, в том числе редкоземельных элементов, может приводить к радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Целью исследования является изучение распределения естественных радионуклидов на территории разработки месторождения редкоземельных элементов и оценка их вклада в формирование радиационного фона.

Материалы и методы исследования.

Исследуемая территория находится в юго-западной части Алтайского края, в 24 км от г. Змеиногорска, на северном берегу озера Колыванского (Саввушки). В географическом отношении территория расположена в пределах Рудного Алтая, на стыке Предалтайской равнины (в пределах Западно-Сибирская равнина) и Северо-Западной Алтайской горной страны. Климатический пояс – умеренный, зона умеренно континентального (резко континентального) климата.

Объектом исследования является небольшой карьер (разнос), представляющий собой субширотное плитообразное тело мощностью около 25 метров, погружающееся на юг. Геологическое название данного объекта – «Ортитовая сопка» – происходит от содержащихся там минералов ортитов (или алланитов).

Минеральный состав карьера представляет значительный интерес, особенно в связи с наличием радиоактивных минералов. Основными породообразующими минералами карьера являются калиевый полевой шпат и кварц. Также встречаются титанит (как в срастаниях с другими минералами, так и в виде мономинеральных выделений), фторапатит, кристаллы дымчатого кварца с вростками длиннопризматических кристаллов клиноцоизита, циркон, мусковит.



Рис. 1 Вид с северной стороны на карьер

В ходе исследования применялся комплекс дозиметрического, гамма–спектрометрического и программного обеспечения: Дозиметр–радиометр МКС–01СА1М, предел допускаемой основной относительной измерений ±25 % (ООО «СНИИП-АУНИС», Россия); Дозиметр–радиометр ДРБП–03 с блоками детектирования БДБА–02 и БДГ–01, основная погрешность не более ±15% (ООО «Политехформ–М», Россия); Дозиметр–радиометр Atom Fast 8850 с сцинтилляционным детектором CsI(Tl) 8x8x50 мм, (КБ Радар, Россия); Гамма-спектрометр Atom Spectra 2 Pro с сцинтилляционным детектором NaI(Tl) 40x40 мм (КБ Радар, Россия). Программное обеспечение: SpectraLine GP, NuclideMaster, EffCalcMC, Efficiency, Excel, QGIS 3.44.44 Desktop.

В ходе исследования на территории карьера и окрестностей выделено 12 участков, на которых проводились измерения мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – МАЭД) на поверхности и высоте 1 метра, а также отбор проб почв и грунтов. Измерения МАЭД выполнялись дозиметром–радиометром ДРБП–03 с блоком детектирования БДГ–01, на каждом участке производилось не менее 5 измерений на каждой высоте.

Пробы отбирались методом конверта на равнинных участках, при отборе на скальных участках и невозможности применения метода конверта отбиралась одна проба грунта с поверхности. Суммарный объём отбираемой пробы не менее 1 литра. Пробоподготовка заключалась в просеивании и удалении фрагментов растительности и минералов ситом лабораторным с сечением ячейки 1 мм и сушке проб в шкафу сушильном

ШС–80–02 СПУ при температуре 55–60 °С. После подготовки пробы выдерживались в герметичных емкостях не менее 15 суток для установления радиоактивного равновесия рядов урана и тория.

Гамма-спектрометрический анализ проб выполнялся в сосуде Маринелли объёмом 500 мл. Перед измерением каждая проба объёмом 500 мл взвешивалась. Для каждой пробы определен радионуклидный состав и измерены удельные активности (далее – УА) идентифицированных радионуклидов.

Результаты и обсуждения.

Практически на всех участках МАЭД на поверхности выше, чем на высоте 1 м, а в отдельных точках равна ей. В пределах карьера МАЭД варьировалась от 0,24 до 1,69 мкЗв/ч, за его пределами – от 0,11 до 0,18 мкЗв/ч. Границы карьера совпадают с границей превышения гамма фона на окружающих территориях. На расстоянии от 0,2 до 0,5 км гамма-фон составляет 0,10–0,11 мкЗв/ч. На основании измерений построена карта распределения МАЭД на поверхности с нанесёнными изолиниями; маркерами отмечены номера участков измерений.

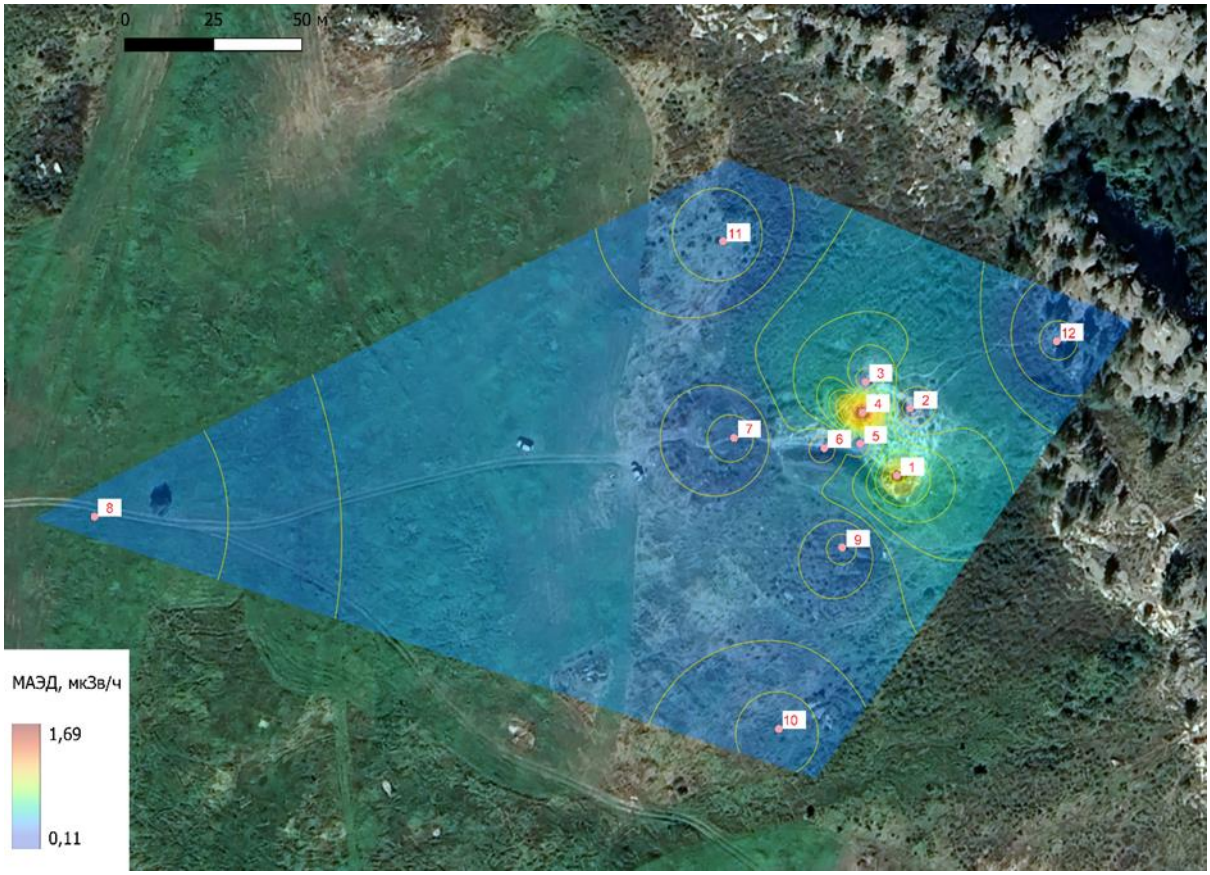

Рис. 2 Карта МАЭД на поверхности

По сравнению с окружающими территориями территория карьера выделяется аномальными значениями МАЭД практически на всех участках

(1–6). Значения МАЭД на поверхности и на высоте 1 м изменяются сходным образом, а за пределами карьера становятся равными. На рисунке 3 представлен график МАЭД на поверхности и на высоте 1 м по исследуемым участкам.

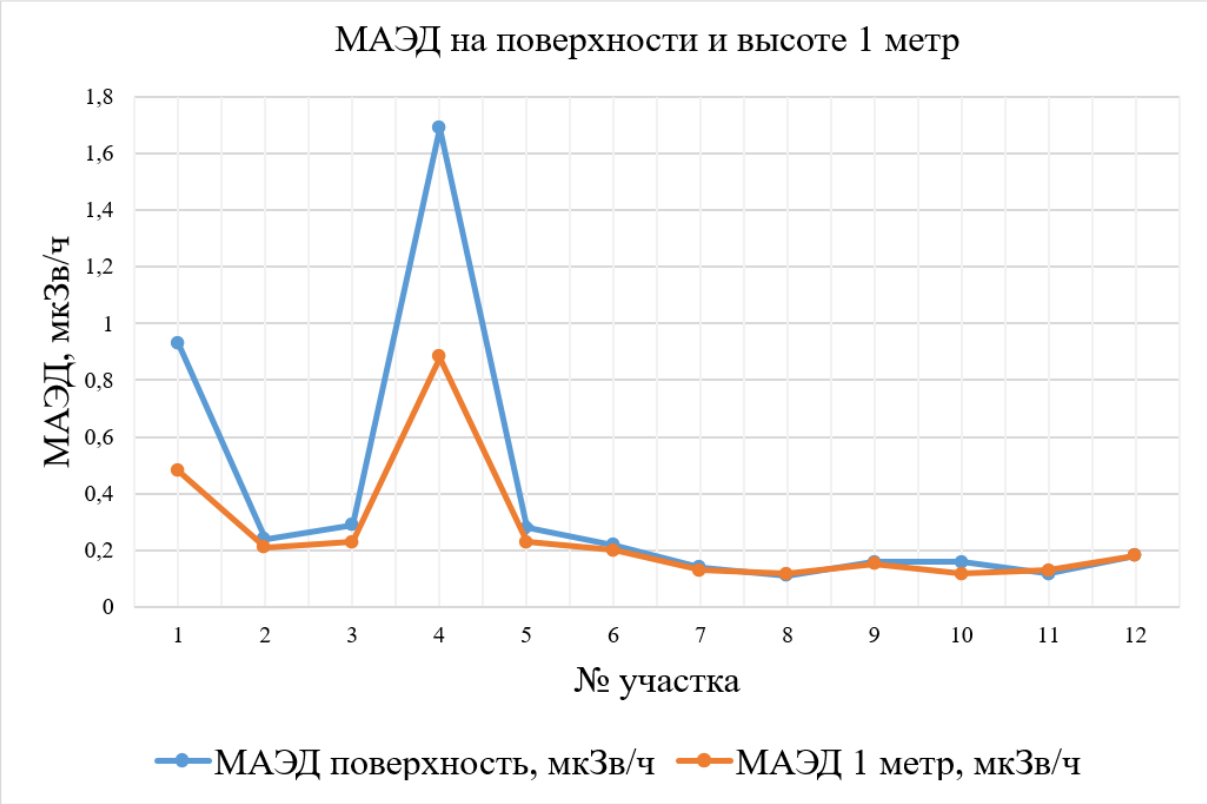

Рис. 3 График МАЭД на поверхности и высоте 1 метра

Гамма-спектрометрический анализ проб почв и грунтов показал наличие естественных радионуклидов Th–232 и Ra–226 и их продуктов распада во всех измеренных пробах. Как и в случае с МАЭД, максимум удельной активности выявлен в пределах карьера, тогда как за его пределами значения УА близки между собой и соответствуют фоновым для данной местности. Фоновые значения УА тория (до 100 Бк/кг) согласуются со средними значениями УА тория в почвах и породах России. [4-6] Распределение удельной активности тория на исследуемых участках представлено на рисунке 4.

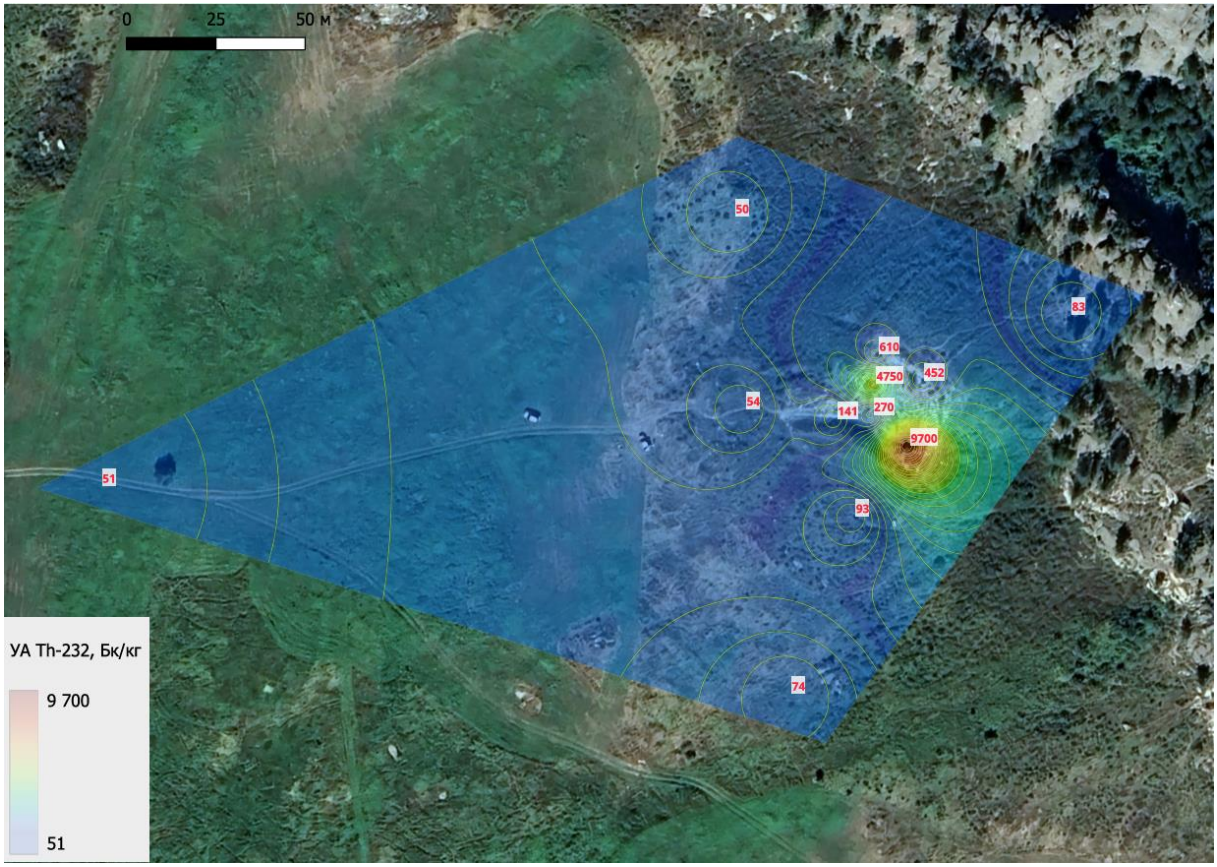

Рис. 4 Карта удельной активности Th-232

Во всех пробах удельная активность радия ниже удельной активности тория, однако, согласно графику, на рисунке 5, значения УА обоих нуклидов изменяются пропорционально по участкам пробоотбора.

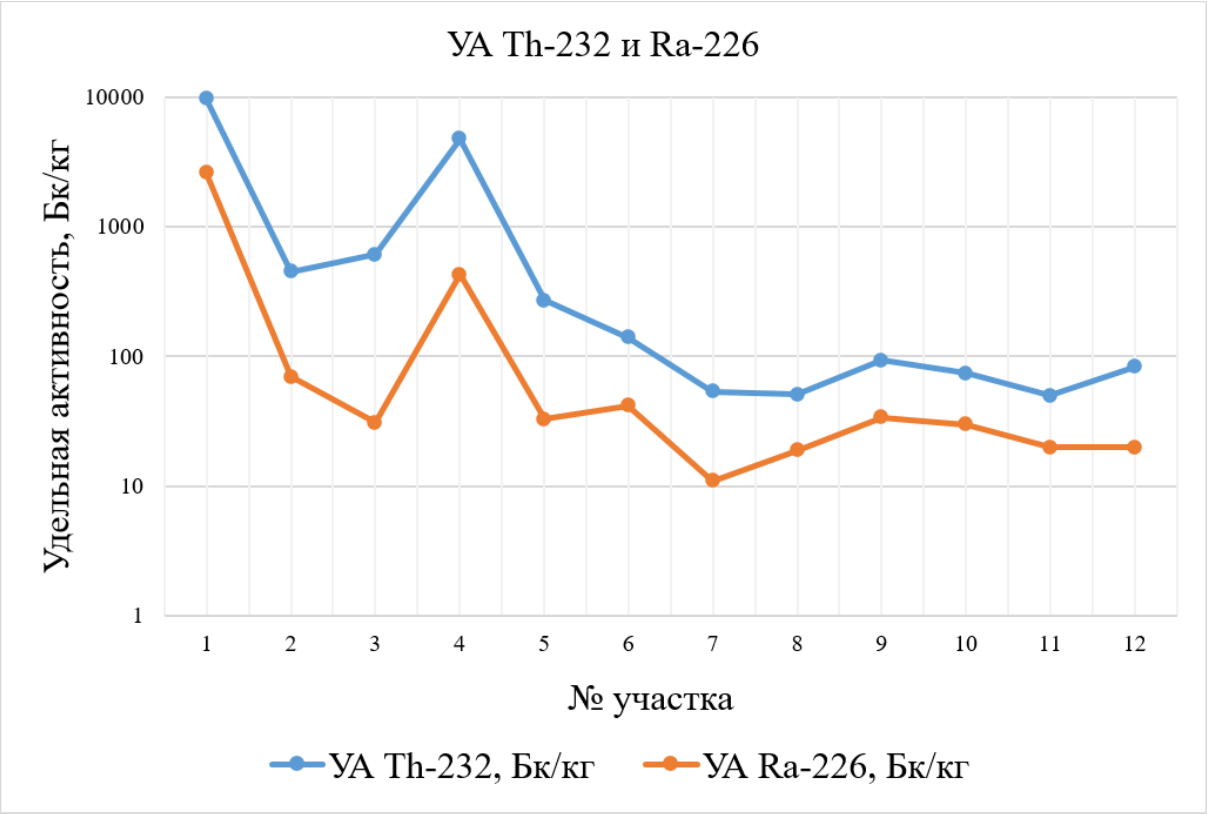

Рис. 5 График УА Th-232 и Ra-226 относительно участков пробоотбора

Значения УА радия на участках вне карьера (7–12), как и в случае с торием, близки к средним значениям для почв и пород России, и варьируются до 70 Бк/кг. [4-6]

Заключение.

В результате разработки карьера «Ортитовая сопка» сформирована локальная радиационная аномалия, обусловленная повышенным содержанием естественных радионуклидов, преимущественно ториевого ряда. Значения МАЭД в пределах карьера варьируются от 0,24 до 1,69 мкЗв/ч, что существенно превышает фоновые показатели на прилегающих территориях. Контур аномалии совпадает с контуром карьера.

Анализ результатов измерений подтвердил определяющую роль тория в формировании мощности дозы гамма–излучения на исследуемых участках. Высокие значение УА тория указывают на то, что именно ториевые минералы, ассоциированные с ортитом (алланитом), являются основным источником повышенной мощности дозы. Согласованный характер изменения УА тория и радия по участкам пробоотбора свидетельствует о совместном нахождении этих нуклидов в пробах почв и грунтов.

Список литературы

1. Бураева Е.А. Радионуклиды в почвах горной Адыгеи / Е.А. Бураева, А.А. Ширяева, Т.А. Михайлова. – Вестник Луганского государственного университета им. В. Даля, 2020. – 134–136 с.
2. Чевычелов А.П. Радиационная обстановка на золотоносных месторождениях куранахского рудного поля (Южная Якутия) / А.П. Чевычелов, П.И. Собакин, А.Н. Горохов, Л.И. Кузнецова. – Вестник Северо–Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2022. – 33–43 с.
3. Жолочубеков Н.Ж. Загрязнение радионуклидами почв месторождения Ак-Тюз и его окрестностей / Н.Ж. Жолочубеков, Б.М. Дженбаев, Н.М. Баширова. – Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2018. – 37–39 с.
4. Дьякова Н.А. Оценка радионуклидного загрязнения лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере корней лопуха обыкновенного / Н.А. Дьякова, А.И. Сливкин, С.П. Гапонов, И.А. Самылина. – Вестник воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация, 2016. – 110–115 с.
5. Воскресенский В.С. Изучение содержания радионуклидов в почвах городских и природных территорий / В.С. Воскресенский. – Вестник российского университета дружбы народов. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности, 2009. – 69–74 с.
6. Дубенок Н.Н. Природные и техногенные факторы естественной радиоактивности почв центра России / Н.Н. Дубенок, С.А. Тобратов, Ю.А. Можайский, Г.А. Кононова, Ю.А. Кондрашова. – Доклады российской академии сельскохозяйственных наук, 2010. – 27–30 с.