

зондирования Земли из космоса. Институт космических исследований РАН // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Сборник научных статей. –2006. –Т. 3. –Выпуск 2. –С. 184–189.

7. Duda, R.O. & Hart, P.E. Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures. // Communications of the ACM. — 1972. — Vol. 15. — № 1. — P. 11-15.

8. Saether B., Rueslatten H., Gronlie A. Application of the Hough transform for automated interpretation of linear features in imageries // Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1994. IGARSS '94. Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis and Interpretation., International. –1994. –Vol. 2. –P. 847–850.

9. Hammer Ø. New statistical methods for detecting point alignments // Computers & Geosciences. –2009. –Vol. 35. –№ 3. –P. 659–666.

10. Beccaluva L. et. al. Nephelinitic to Tholeiitic Magma Generation in a Transtensional Tectonic Setting: an Integrated Model for the Iblean Volcanism, Sicily // Journal of Petrology. –1998. –Vol. 39. –№ 9. –P. 1547–1576.

Поступила 27 июля 2010 г.

Рекомендована кафедрой прикладной экологии и химии МИИГАиК

ДИСТАНЦИОННЫЙ ПОИСК СЛОЖНЫХ МИНЕРАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОТОНОВ

Академик **В.Г. Бондур**, аспирант **В.А. Макаров**, кандидат техн. наук **А.Б. Мuryнин**

Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос»,

Минобрнауки России и РАН, г. Москва

E-mail: office@aerocosmos.info

Аннотация. Исследуется возможность дистанционного поиска минералов со сложным элементарным составом с использованием ускорителя высокоэнергетических протонов, установленного на вертолете. Приводятся и анализируются результаты вычислительного эксперимента с применением метода Монте-Карло на примере поиска минерала боксита. Изучаются фоновые составляющие регистрируемых сигналов, формируемых в процессе поиска, обусловленные породами, окружающими искомым минерал. Показано, что отношение сигнал/фон достигает величины ~10, что достаточно для решения поставленной задачи. На основании результатов проведенных вычислительных экспериментов предложена схема вертолетного комплекса для практической реализации активного метода дистанционного поиска сложных минералов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, поиск минералов, гамма-спектры, протонный ускоритель, метод Монте-Карло

Abstract. A possibility for distant search of minerals with a complex elementary composition by means of a high-energy proton accelerator based on a helicopter is examined. Results of computational experiment by means of the Monte-Carlo method in terms of bauxite search are given and analyzed. Background components of registered signals, formed during the process of search due to mineral surrounding solids, are examined. It has been shown that the ratio of signal to background reaches values up to 10, that is enough for the task solution. A scheme of helicopter complex for practical realization of the active method for remote search of complex minerals based on the results of performed computational experiments is proposed.

Keywords: remote sensing, mineral exploration, gamma-spectra, proton accelerator, Monte-Carlo method

Введение. В работе [1] предложен оперативный активный метод дистанционного мониторинга геологической среды для оценки элементного состава минералов с целью поиска месторождений некоторых твердых полезных ископаемых, находящихся вблизи земной поверхности. В основе предложенного метода лежит облучение с летательного аппарата исследуемой области потоком высокоэнергетических протонов, формируемых с помощью компактного ускорителя, а также последующая регистрация и анализ сигналов-откликов (гамма-спектров). Результаты проведенных исследований на

примере минерала магнетита показали, что в случае облучения потоком протонов руд с простым элементарным составом при окружении их другими породами распознавание полезных гамма-спектров представляет собой реализуемую задачу [1].

Для доказательства работоспособности предложенного активного метода дистанционного мониторинга, основанного на облучении зоны поиска потоком протонов и регистрации формируемых сигналов-откликов, рассмотрим более общий случай, когда:

искомый минерал имеет сложный элементный состав;

основной элемент руды искомого минерала, представляющий промышленный интерес, содержится также и в окружающих породах.

Для этого случая важно продемонстрировать возможность распознавания искомого минерала на фоне различных вмещающих природных пород.

В настоящей работе приведены и проанализированы результаты вычислительного эксперимента, основанного на использовании метода Монте-Карло, для исследования процесса поиска руд сложного минерального состава на примере боксита с высоким содержанием алюминия, находящегося в окружении фоновых минералов, которые также имеют в своем составе алюминий. На основании проведенного анализа уточняется схема практической реализации активного дистанционного метода поиска минералов, основанного на использовании потоков частиц.

Методика вычислительного эксперимента по дистанционному поиску бокситовых руд с использованием потока ускоренных частиц. В качестве исследуемого минерала, обладающего сложным элементным составом и имеющего рудные формации на поверхности Земли, рассмотрим минерал алюминия — боксит. При этом практический интерес представляет разновидность минерала с высоким содержанием алюминия — красный боксит, содержащий по массе 53–55% Al_2O_3 , 2–6% SiO_2 , 23–25% Fe_2O_3 , 1,6–2,5% CaO как основных составляющих минерала [2].

В качестве типичного месторождения красных бокситов рассмотрим, например, месторождение «Красная Шапочка», расположенное в бокситоносной полосе, протягивающейся в меридиональном направлении вдоль восточного склона Северного Урала [2]. Пласт бокситов, падающих на восток под углами 25–45°, залегает на размытой поверхности известняков. Данное месторождение характеризуется присутствием глинистых областей, что усложняет задачу обнаружения боксита путем анализа энергетических спектров гамма-квантов, полученных при облучении области поиска высокоэнергетическими протонами. Это объясняется тем, что в состав глины входит и алюминий, но в меньшем процентном содержании. С точки зрения добычи алюминия глина не является промышленным ресурсом,

поэтому в данном случае является фоновым объектом.

В ходе вычислительного эксперимента необходимо определить информативные признаки, позволяющие по полученным спектрам гамма-квантов распознать месторождения боксита на фоне глины.

На рис. 1, а изображены геологическое строение и разрез месторождения «Красная Шапочка» [2]. На рис. 1, а используются следующие обозначения: 1 — вулканогенно-осадочные породы верхнего силура, 2 — слоистые известняки; 3 — массивные известняки; 4 — красные бокситы; 5 — зеленовато-серые бокситы; 6 — мергели; 7 — известняки надрудной толщи среднего девона; 8 — кайнозойские глинистые отложения; 9 — надвиги; 10 — сбросы. На рис. 1, б изображена схема области поиска, используемая в вычислительном эксперименте. С помощью данной схемы было проведено три серии расчетов. В одной из серий облучаемая область содержала искомое бокситовое месторождение, а в двух других сериях расчетов облучаемая область заполнялась различными видами фоновых минералов. От серии к серии изменялось заполнение области II. Эта область заполнялась либо искомым материалом (бокситом), либо фоновыми минералами (известняком или глиной). Области I и III во всех случаях заполнены известняком и глиной соответственно.

При проведении вычислительного эксперимента считалось, что исследуемый объект облучался с высоты 100 м протонами с энергией 250 МэВ. Пучок протонов был направлен строго вертикально, по центру области поиска. Если бы пучок протонов не взаимодействовал с атмосферой, то все его частицы попадали бы в центр области боксита, известняка или глины в первой, второй и третьей сериях расчетов соответственно. Регистрация гамма-квантов осуществлялась в плоскостях на высотах 15; 50 и 100 м относительно верхней границы левой области I известняка. Регистрировались гамма-кванты, вектор скорости которых в момент их попадания на детектор направлен от исследуемого куба вещества. При этом анализировались только гамма-кванты, отстоящие от вертикальной оси на расстояние не более 25 м.

Для проведения вычислительных экспериментов использовалось программное обеспе-

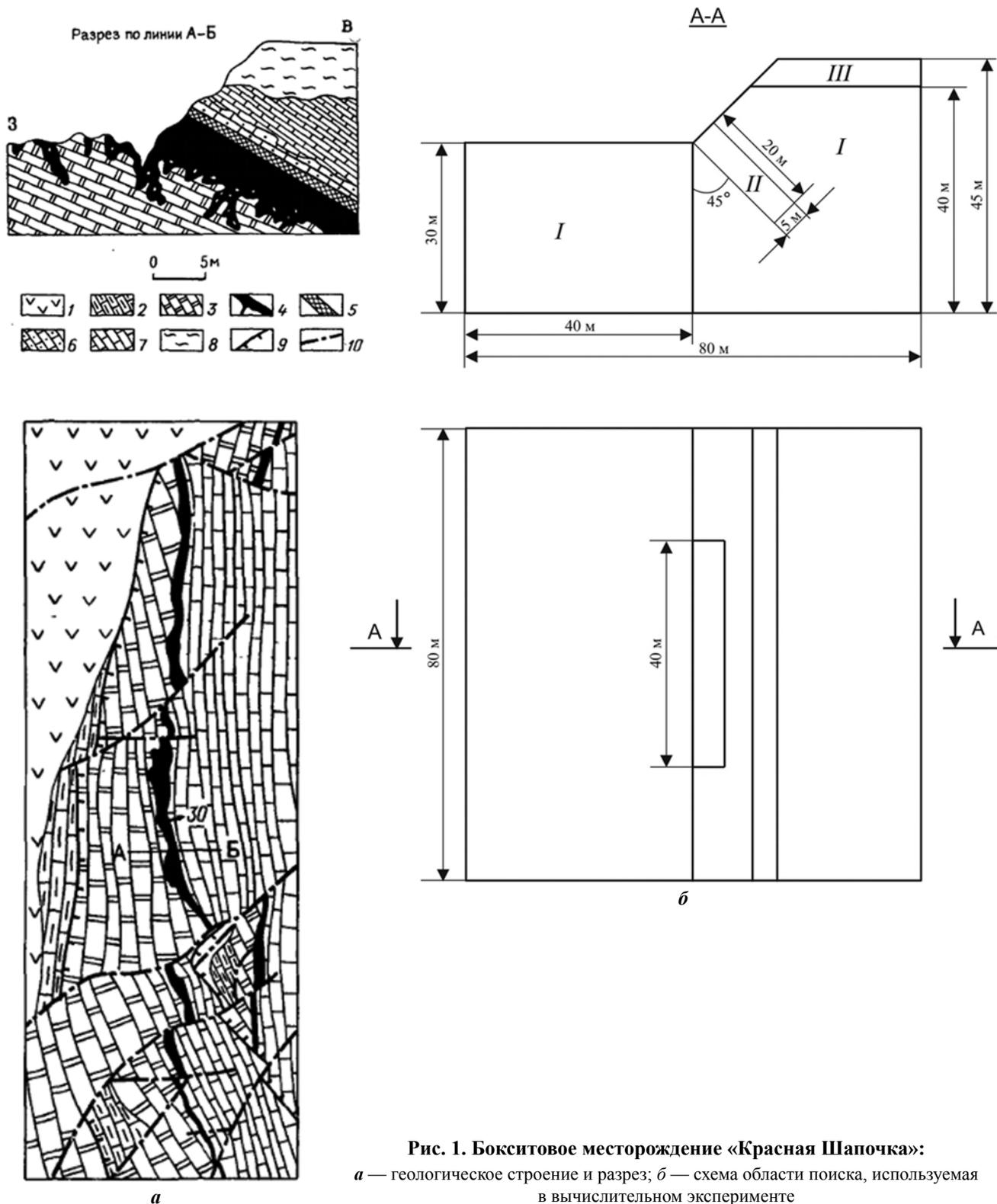


Рис. 1. Бокситовое месторождение «Красная Шапочка»:
а — геологическое строение и разрез; *б* — схема области поиска, используемая в вычислительном эксперименте

чение GEANT4 [3, 4]. Для получения наиболее реалистичных гамма-спектров, образующихся при облучении бокситового месторождения протонами, для всех химических элементов

были проверены константные базы данных, содержащиеся в программном коде GEANT4. При этом константы были приведены в соответствие с последними эксперименталь-

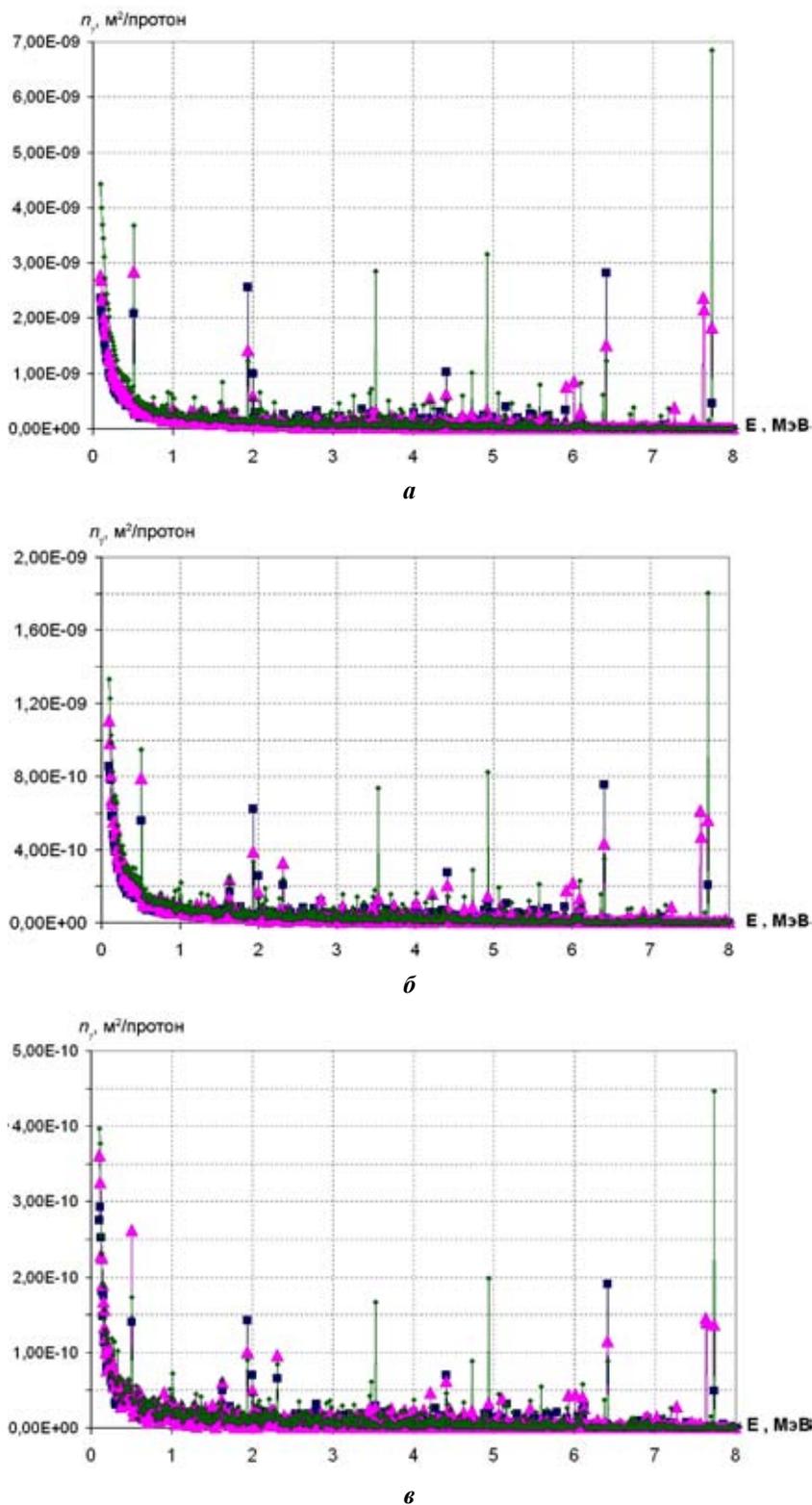


Рис. 2. Энергетические спектры гамма-излучения от исследуемого участка поверхности, регистрируемого детекторами на различных высотах H :

a — 15 м; b — 50 м; v — 100 м
 ■ — известняк; ▲ — боксит; ● — глина

ными данными [5]. Далее были выполнены тестовые расчеты, подтверждающие корректность окончательных исправленных баз данных.

Результаты вычислительных экспериментов и их анализ.

На рис. 2 приведены энергетические спектры гамма-квантов, полученные в процессе вычислительных экспериментов для высот расположения детекторов 15; 50; 100 м. На графиках показаны зависимости от энергии количества гамма-квантов, проходящих через единицу площади детектора, и нормированных на один первичный протон. Анализ графиков показывает, что большой пик в энергетических спектрах гамма-квантов для всех серий расчетов приходится на энергию 511 кэВ. Это соответствует паре гамма-квантов, образующейся при аннигиляции позитронов [6]. На всех трех высотах в сериях проведенных вычислительных экспериментов с заполнением облучаемой области бокситом и глиной отчетливо виден высокоэнергетический пик от алюминия — 7,724 МэВ. Кроме того, как следует из рис. 2, для серии расчетов с бокситом на всех высотах хорошо виден набор пиков от железа, содержащегося в боксите: на энергиях 7,631 и 7,645 МэВ (основные пики), а также на энергиях 4,217; 5,920; 6,018 и 7,278 МэВ (дополнительные пики). Эти пики отсутствуют в фоновых спектрах, полученных в сериях расчетов с заполнением облучаемой области известняком либо глиной.

В серии расчетов с заполнением облучаемой области известняком также присутствует пик на энергии 7,724 МэВ, соответствующий алюминию. Однако его высота в 3 и 10 раз меньше

высоты этого же пика при наличии боксита или глины соответственно. Наличие пика от алюминия в данном случае объясняется расхождением пучка протонов и попаданием части из них в окружающую глину.

Анализ рис. 2 показывает, что во всех сериях вычислительных экспериментов на всех трех высотах проявляются также ярко выраженные энергетические пики кальция — 1,942 и 6,420 МэВ. Высота этих пиков в серии расчетов с известняком приблизительно в 1,5–2 раза больше, чем в сериях расчетов с бокситом и глиной. Это объясняется значительным процентным содержанием кальция в известняке. Наличие пиков кальция в сериях расчетов с заполнением области II на рис. 1, б бокситом и глиной, как и в случае пиков алюминия при облучении известняка, обусловлено, в первую очередь расхождением протонного пучка и попаданием каскадных частиц в окружающие породы известняка. Небольшой вклад в образование данного пика в спектре гамма-квантов вносит также кальций, содержащийся в самом боксите (порядка 2% в массовой доле).

Как видно из графиков (см. рис. 2) при попадании центра пучка протонов в глину регистрируемый детектором пик от алюминия по своей высоте приблизительно в 3 раза превосходит пик алюминия, регистрируемый в случае облучения боксита. Такой результат выглядел бы неестественным, если учитывать только относительную массовую долю изотопов алюминия в боксите и глине. Однако наблюдаемое явление имеет объяснение, вытекающее из рассмотрения физических процессов взаимодействия с веществом поля каскадных частиц, которое формируется протонным пучком. Дело в том, что минерал боксит содержит значительную долю изотопов железа, которые имеют сечение захвата тепловых нейтронов, превосходящее в несколько раз соответствующее сечение для изотопов алюминия. Для железа это сечение составляет порядка 5 барн, в то время как для алюминия — всего 1 барн [5]. Таким образом, атомы железа в боксите как бы «экранируют» атомы алюминия, уменьшая вероятность для последних захватить тепловые нейтроны. В глине же основными «захватчиками» тепловых нейтронов будут атомы алюминия, так как другие ее основные составляющие — кислород и кремний — обладают

малым сечением захвата тепловых нейтронов — 0,001 барн и 0,1 барн соответственно [5]. В связи с этим энергетический пик от алюминия в гамма-спектре имеет меньшую интенсивность при облучении протонами боксита, чем при облучении ими глины, несмотря на большую долю алюминия в составе боксита.

Данный пример показывает, что для принятия решения о присутствии месторождения минерала со сложным элементным составом при наличии неоднородного фона необходимо рассмотрение совокупности нескольких информативных признаков.

С учетом проведенного анализа, можно предложить два типа информативных признаков сигналов-откликов для идентификации месторождений боксита на фоне пород известняка и глины при облучении их протонами.

1. Наличие в спектрах гамма-квантов энергетических пиков, характерных для железа. При этом основными идентифицирующими пиками следует считать пики на энергиях 7,631 и 7,645 МэВ, высота которых определяется величиной $\sim 6 \cdot 10^{-10}$ гамма-квантов на 1 м² площади детектора в расчете на один первичный протон (при высоте расположения детектора 50 м).

2. Приблизительное равенство отношения высоты энергетического пика для алюминия 7,724 МэВ к высотам пиков для железа на энергиях 7,631 и 7,645 МэВ при высоте детектирования спектров гамма-квантов, составляющей 50 м. Данный признак помогает также различать месторождения боксита и месторождения железных руд при наличии глины.

Можно утверждать также, что даже в случае регистрации детектором энергетических пиков гамма-квантов от алюминия, но при одновременном отсутствии пиков гамма-квантов от железа, бокситовых руд в зоне наблюдения нет. Следует отметить значительное отношение сигнал/шум перечисленных выше ключевых энергетических пиков в спектрах гамма-квантов для боксита, полученных в процессе проведения вычислительных экспериментов. Как видно из спектров (см. рис. 2) при всех высотах расположения детектора для основных пиков железа и алюминия оно равно ~ 10 .

Отметим, что приведенные в настоящей работе гамма-спектры зафиксированы идеальным детектором, когда регистрируются все

падающие на него частицы, а также их полная энергия. Использование же реальных детекторов приведет к некоторому изменению регистрируемых спектров гамма-квантов, что будет рассмотрено детально в последующих работах.

Сопоставление результатов дистанционного поиска простых (магнетит) и сложных (боксит) минералов. Представляет интерес сопоставление результатов выполненных вычислительных экспериментов по поиску боксита активным дистанционным методом, основанным на облучении потоком протонов, с аналогичными результатами, полученными при поиске простого минерала магнетита и описанными в работе [1]. В вычислительных экспериментах, описанных в настоящей работе, использовалась геометрическая схема искомого месторождения боксита с размерами, меньшими, чем размеры месторождения магнетита, рассмотренного ранее [1].

В настоящей работе искомое уральское месторождение боксита «Красная Шапочка» рассматривалось как параллелепипед с размерами $40 \times 20 \times 5$ м, в то время, как месторождение магнетита, рассмотренное в работе [1], представляло собой куб со стороной, равной 50 м. Это дает возможность оценить зависимость интенсивности сигнала-отклика гамма-квантов от размеров зондируемого объекта и, соответственно, оценить минимальные поверхностные размеры месторождения, при которых его тип можно определить с помощью активного метода дистанционного зондирования, основанного на использовании мобильного ускорителя высокоэнергетических протонов.

При этом для случая, рассматриваемого в настоящей работе, протонным пучком облучалась мишень, грань которой располагалась под углом 45° к горизонту. Таким образом, площадь облучения месторождения боксита на земной поверхности составила 200 м^2 , что в 12,5 раз меньше облучаемой площади для месторождения магнетита, которая составляла 2500 м^2 для условий, описанных в работе [1]. Для оценки зависимости формируемых сигналов-откликов от размеров облучаемой области месторождения минералов следует сравнить пики в полученных спектрах гамма-квантов для одного и того же элемента, входящего как в состав боксита, так и в состав магнетита. В качестве такого элемента рассмотрим, например,

железо. Сопоставление результатов настоящей работы с результатами, полученными в работе [1], показывает, что отношение высоты энергетического пика железа $7,631 \text{ МэВ}$ для случая с магнетитом к высоте этого же пика для случая боксита при высоте детектора 50 м составляет приблизительно 6,6. Тем не менее, для объяснения данного результата следует учесть, в первую очередь, различия содержания железа в двух анализируемых минералах, а также различия их плотностей. Массовая доля железа в боксите составляет 20%, а плотность боксита — 3 г/см^3 в то время, как массовая доля железа в магнетите равна 72%, а плотность магнетита — 5 г/см^3 [7].

Оценку того, во сколько раз гамма-отклик от железа должен измениться при переходе от магнетита к бокситу (S) в случае облучения протонным пучком одинаковых объемов этих минералов, можно получить, умножив отношение плотностей магнетита и боксита на отношение концентраций железа в этих веществах:

$$S = \frac{\rho_{\text{магнетит}}}{\rho_{\text{боксит}}} \frac{N_{\text{магнетит}}}{N_{\text{боксит}}} \approx 6.$$

Это практически совпадает с полученным выше отношением энергетических пиков (6,6), обусловленных железом в исследуемых месторождениях боксита и магнетита. Таким образом, уменьшение гамма-отклика, регистрируемого детектором, в случае поиска боксита обусловлено, в основном, уменьшением содержания искомого элемента в объеме минерала, а не уменьшением размеров последнего для рассматриваемых месторождений. Меньшие же размеры исследуемой области боксита по сравнению с размерами исследуемой области магнетита не приводят к существенному уменьшению гамма-отклика, так как при данных размерах облучаемой поверхности месторождения боксита (40×5 м) большинство частиц протонного пучка, а также образованных им каскадных частиц все еще попадают в искомый минерал (ввиду небольшой расходимости пучка на 100 м в атмосфере).

Поскольку рассеяние протонного пучка равновероятно как по оси x , так и по оси y облучаемой области, а переход от размера облучаемой грани 50×50 м (месторождение магнетита) к размеру грани 40×5 м (месторождение боксита) не оказывает особого влияния

на интенсивность регистрируемого гамма-излучения для энергетических пиков железа, то можно утверждать, что переход к облучению минерала с гранями, имеющими размеры 5×5 м, также значительно не изменит уровень регистрируемого сигнала гамма-квантов. Это свидетельствует о высоком пространственном разрешении (не хуже нескольких метров) рассматриваемого метода дистанционного зондирования с помощью протонного пучка высоких энергий, а также о возможности распознавания данным методом геологических объектов с площадью от нескольких десятков метров и выше на поверхности Земли.

Из результатов проведенных вычислительных экспериментов и результатов работы [1] следует, что высоты регистрируемых энергетических пиков спектров гамма-квантов изменяются в зависимости от плотности минерала и концентрации в нем элементов. В рассмотренных примерах с магнетитом и бокситом отношение величин энергетических пиков железа составляет величину $\sim 6,6$. Для получения более интенсивных сигналов-откликов целесообразно усовершенствовать схему практической реализации активного дистанционного метода поиска минералов с использованием мобильного источника высокоэнергетических протонов.

Схема реализации дистанционного метода поиска сложных минералов. Для решения задач поиска сложных минералов рассмотрим модификацию схемы дистанционного мониторинга, которая заключается в расположении детектора гамма-квантов на меньшей высоте, чем высота расположения источника протонов.

При полете вертолета на высоте 100 м возможно опускание детектирующих элементов на штанге или трос-кабеле до высоты порядка 50 м, например, так как это показано на рис. 3. Это приведет к росту величины полезного сигнала. При этом величина фоновой составляющей сигнала, обусловленной, как показано в работе [1], в основном, гамма-квантами, возникающими при захвате тепловых нейтронов в атмосфере, должна уменьшиться, поскольку в данном случае в поле зрения детектора уже не попадает фоновая составляющая, обусловленная слоем атмосферы на высотах 50–100 м.

Как видно из сравнения спектров гамма-квантов, полученных для различных высот

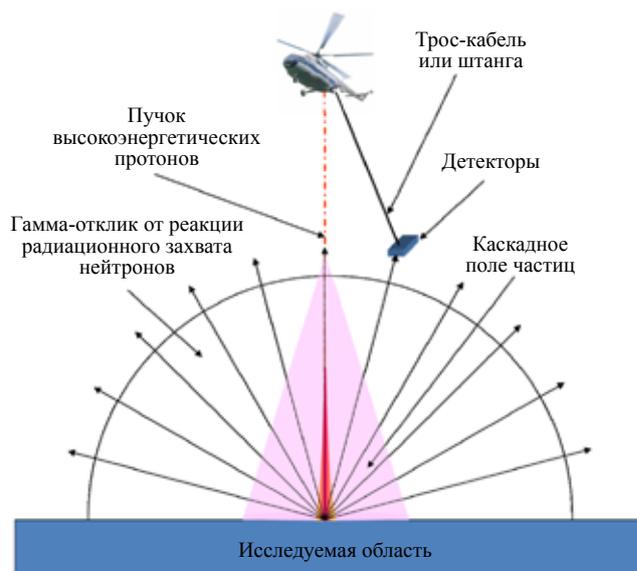


Рис. 3. Схема практической реализации активного метода дистанционной геофизики с использованием протонного ускорителя с выносным детектирующим блоком

расположения детекторов (см. рис 2, б, в), в случае расположения детектора на высоте 50 м интенсивность регистрируемых гамма-квантов от исследуемых элементов приблизительно в 3–4 раза выше, чем в случае расположения детектора на высоте 100 м.

Заключение. На основании результатов проведенных вычислительных экспериментов по активному дистанционному поиску месторождений бокситов с использованием мобильного источника высокоэнергетических протонов продемонстрирована возможность обнаружения данных месторождений на фоне окружающих их пород по совокупности характерных энергетических пиков в спектрах гамма-квантов и отношений величин этих пиков, обусловленных алюминием и железом, содержащимися в боксите. При этом железо идентифицируют по основным пикам на энергиях 7,631 и 7,645 МэВ, а алюминий идентифицируют по основному пику на энергии 7,724 МэВ. Отношение высоты энергетического пика для алюминия 7,724 МэВ к высотам пиков для железа на энергиях 7,631 и 7,645 МэВ при высоте детектирования спектров гамма-квантов от боксита, составляющей 50 м, приблизительно равно единице.

Показано, что интенсивность пиков в получаемых энергетических спектрах ответных гамма-квантов зависит не только от массо-

вой доли и сечения реакции захвата тепловых нейтронов для элемента, соответствующего данным пикам, но и от этих же величин для остальных элементов облучаемого минерала.

Получено существенное отношение сигнал/шум для основных пиков энергетического спектра гамма-квантов боксита, по которым распознается данный минерал. Данное отношение не зависит от высот расположения детекторов и для основных пиков железа и алюминия составляет величину ~10.

Установлено, что уменьшение до нескольких метров размеров сторон условных граней исследуемых месторождений, облучаемых протонным пучком, существенно не снижает уровень регистрируемых детектором пиков гамма-квантов, что свидетельствует о высоком пространственном разрешении (не хуже нескольких метров) рассматриваемого активного метода дистанционного зондирования.

С целью увеличения уровня регистрируемых сигналов-откликов гамма-квантов предложено опускать блок детекторов на выносных штанге или трос-кабеле с борта летательного аппарата. Снижение высоты расположения детектора с высоты 100 м до высоты 50 м позволяет повысить уровень полезных сигналов в 3–4 раза при поиске минералов со сложным составом.

При проведении дальнейших исследований будет рассмотрено детектирование гамма-квантов от геологических объектов с помощью реальных физических детекторов, а также будут оценены радиационные нагрузки, создаваемые протонным пучком в атмосфере и на поверхности зондируемых геологических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондур В.Г., Макаров В.А., Мурынин А.Б. Дистанционный метод поиска минералов с использованием мобильного источника высокоэнергетических протонов // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». –2010. –№ 3. –С. 57–62.
2. Милютин А.Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: Учеб. пособие для вузов. –М.: Недра, 1989. –296 с.
3. S. Agostinelli, J. Allison et al. GEANT4 — a simulation toolkit. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 506, Issue 3, 1 July 2003, pp. 250–303.
4. GEANT4. Testing and Validation. <http://geant4.web.cern.ch/geant4/results/results.shtml>.
5. National Nuclear Data Center (NNDC), resource <http://www.nndc.bnl.gov>.
6. Мухин К.Н. Экспериментальная ядерная физика: Учебник. В 3-х тт. Т. 3. Физика элементарных частиц. 6-е изд., испр. и доп. –СПб.: Изд. «Лань», 2008. –432 с.
7. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. / Под ред. А.Г. Бетехтина. Пер. с нем.: А.Д. Генкина и Т.Н. Шалдун. М.: Издательство иностранной литературы, 1962. –1132 с.

Поступила 17 августа 2010 г.
Рекомендована кафедрой
аэрокосмических съемок МИИГАиК

ГЛОБАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Профессор, доктор техн. наук С.А.Сладкопеев, аспирант А.А.Богданова
Московский государственный университет геодезии и картографии
E-mail: kuk0301@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены данные статистики и её картографического обеспечения по состоянию и деградации нарушенных земель планеты. Дан анализ особенностей аэрокосмического мониторинга при решении глобальных проблем земельных ресурсов. На примере ряда регионов показаны возможности аэрокосмических методов в оценке состояния нарушенных земель.

Ключевые слова: мониторинг, космические снимки, деградация земель

Abstract. Statistic data of condition and degradation of the planet disturbed lands and their cartographical maintenance are examined. Characteristics of aerospace monitoring in solving global problems of land resources are analyzed. The possibility of space methods in the assessment of disturbed lands are shown on examples of some regions.

Keywords: monitoring, satellite images, land degradation

Земельные ресурсы планеты — территории, пригодные для проживания человека и любых видов хозяйственной деятельности — основа существования человечества. Большая

часть этих земель в настоящее время освоена и преобразована, а на огромных территориях деградирована и выведена из хозяйственного использования. Общее нарастание экологиче-