

Guzeva Alina Valerjevna

Junior Researcher, Institute of Limnology RAS, olina2108@mail.ru

Slukovskii Zakhar Ivanovich

Senior Researcher, Institute of North Industrial Ecology Problems of FRC KSC RAS, Institute of Geology of the Karelian Research Centre RAS, slukovsky87@gmail.com

Denisov Dmitry Borisovich

Leading Researcher, Institute of North Industrial Ecology Problems of FRC KSC RAS, proffessuir@gmail.com

Cherepanov Aleksandr Aleksandrovich

Leading Engineer, Institute of North Industrial Ecology Problems of FRC KSC RAS, acher05503@gmail.com

Dauvalter Vladimir Andreevich

Chief Researcher, Institute of North Industrial Ecology Problems of FRC KSC RAS, vladimir@dauvalter.com

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.6.011

УДК 550.42

А. С. Гусева, С. А. Устинов, В. А. Петров

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

**К ВОПРОСУ О РАДИОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ
ТЕРРИТОРИИ НОВОЙ МОСКВЫ****Аннотация**

Анализ карт аэрогамма-спектрометрической съемки с использованием ГИС-технологий позволил сделать выводы о радиогеоэкологическом состоянии территории Новой Москвы. Дана характеристика распределения радиоактивных элементов (тория, калия, урана и цезия) в пределах исследуемой площади и выявлены участки, характеризующиеся повышенными фоновыми значениями. Применение геоинформационного подхода позволило установить причины этого распределения и построить карту совокупного наложения максимальных значений К, U, Th и Cs.

Ключевые слова:

радиогеоэкологическое состояние, Новая Москва, радионуклиды, линеаментный анализ.

A. S. Guseva, S. A. Ustinov, V. A. Petrov

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia

ON THE ISSUE OF RADIOGEOECOLOGICAL CONDITION OF NEW MOSCOW**Abstract**

Analysis of aerogamma-spectrometric surveying maps using GIS technology allowed making conclusions about radiogeological condition of New Moscow territory. The distribution of radioactive elements (thorium, potassium, uranium and cesium) within the study area is described and the areas characterized by increased background values are identified. The application of geoinformation approach made it possible to identify the causes allowed to reveal the reasons of this distribution and to build a map of the total overlay of the maximum impose of K, U, Th and Cs.

Keywords:

radiogeoeological condition, New Moscow, radionuclides, lineament analysis.

Введение

Одной из характерных черт второй половины XX в. стало повышенное внимание к новым техногенным факторам воздействия на человека и объекты окружающей среды. Среди этих новых видов воздействия особый интерес проявлен к радиационному влиянию и радиоактивным элементам (Практические..., 2015). При этом необходимо отметить, что повышенный радиационный фон характерен не только для площадей расположения техногенных объектов (атомные электростанции (АЭС), полигоны по захоронению радиоактивных отходов (РАО)). На некоторых территориях отмечается повышенный природный радиационный фон, связанный с естественной радиоактивностью горных пород и особенностями поведения радионуклидов.

Радиоактивное загрязнение оказывает негативное воздействие не только на состояние окружающей среды, но и на здоровье людей. Поэтому вопрос радиогеоэкологического состояния города является одним из ключевых аспектов оценки экологической ситуации на изучаемом объекте.

Подобные исследования необходимо проводить как для уже освоенных площадей, так и для осваиваемых. Примером такого региона служит территория Новой Москвы. До 2012 г. она входила в состав Московской области, не являлась густозаселенной; здесь проживало менее 250 тыс. чел. В рамках реализации проекта по расширению территории Москвы Правительство поставило несколько задач, основной из которых являлось создание комфортной городской среды и новых социальных объектов (школ, детских садов, больниц). Обеспечение благоприятной городской среды невозможно без осуществления геоэкологической и радиоэкологической оценки территории.

В представленном исследовании авторы на основе имеющегося картографического материала в совокупности с геоинформационным подходом осуществили радиогеоэкологическую оценку территории Новой Москвы. Правительство Москвы при размещении социальных объектов и объектов жилого фонда сможет учитывать эту информацию.

Материал и методика исследования

Основой работы послужили карты аэрогамма-спектрометрической съёмки (АГС) распределения радиоактивных элементов (урана, тория, калия и цезия) и мощности экспозиционной дозы. Аэрогамма-съёмка проводилась НПП «Аэрогеофизика». Анализ имеющихся данных проводился при помощи геоинформационного подхода.

В представленной работе геоинформационный подход являлся неотъемлемым инструментом исследования, который позволяет выполнить интерпретацию имеющихся данных и сопоставить карты АГС с другими факторами (геологическими, тектоническими, геоморфологическими, геохимическими, гидрогеологическими, почвенными).

Применение этого подхода стало возможно благодаря созданию геоинформационного проекта «Новая Москва», включающего в себя разнообразную информацию о геологии, гидрогеологии, географии, растительности, почвенном покрове изучаемой площади. Эта информация представлена в виде векторных слоев и картографического материала.

Так как радиогеоэкологическое состояние территории связано не только с антропогенным воздействием, но и с природной составляющей, то необходимо сравнивать содержание радионуклидов не с кларками элементов, а с фоновыми

значениями. Поэтому первоначальная задача исследования состояла в интерпретации имеющихся карт АГС, а именно в выявлении участков максимального содержания радионуклидов и сравнении этих данных с фоновыми значениями.

Для территории европейской части России характерны следующие средние значения содержаний изучаемых радионуклидов в почвах: торий — $6,5 \cdot 10^{-4} \%$, уран — $1,5 \cdot 10^{-4} \%$, калий — 1,2 % (Титаева, 2000). Норма плотности загрязнения ^{137}Cs составляет до 1 Ки/м².

В пределах новой территории Москвы отмечаются содержания тория — от $1,4 \cdot 10^{-4} \%$ до $11,9 \cdot 10^{-4} \%$, урана — от $0,3 \cdot 10^{-4} \%$ до $2 \cdot 10^{-4} \%$, калия — от 0,5 до 2,3 %, цезия до 0,2 Ки/м². Максимальные концентрации урана, тория и калия превышают их региональные фоновые значения.

Площади, характеризующиеся повышенными фоновыми значениями, были отвекторизованы и сопоставлены с имеющимися картами (геологической, гидрогеологической и почвенной картами Московской области) и местонахождением опасных антропогенных объектов. Под опасными антропогенными объектами понимаются полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) («Малинки», «Саларьево» и «Сосенки»), завод «Мосрентген», Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, животноводческие комплексы и сельскохозяйственные угодья.

Ранее авторами на основе данных спутниковой съемки STRM был осуществлен линеаментный анализ, который позволил выявить линейные неотектонические структуры и региональный неотектонический разлом, проходящий практически через центр территории (Гусева и др., 2018а). Эти результаты также сопоставлялись с площадями максимального содержания радионуклидов.

Результаты и их обсуждение

Под радиационным фоном понимают мощность экспозиционной дозы ионизирующих излучений в воздухе, уровень его для средней полосы России составляет 4–40 мкР/ч.

Согласно рекомендациям Международной комиссии по радиационной защите (МКЗР) и Всемирного общества здравоохранения (ВОЗ) радиационный уровень, соответствующий естественному фону 0,1–0,2 мкЗв/ч (10–20 мкР/ч), признано считать нормальным уровнем, уровень 0,2–0,6 мкЗв/ч (20–60 мкР/ч) считается допустимым, а уровень свыше 0,6–1,2 мкЗв/ч (60–120 мкР/ч), с учетом эффекта экранирования, считается повышенным (Александров, 2007).

Согласно данным Российского атомного сообщества (Российское...) значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории Новой Москвы в 2014 г. находились в пределах 0,08–0,30 мкЗв/ч при среднем значении 0,14 мкЗв/ч, что не превышает допустимого уровня.

В соответствии с имеющимися данными относительно мощности экспозиционной дозы на изучаемой площади складывается благоприятная обстановка: значения мощности экспозиционной дозы составляют от 13 до 23,3 мкР/ч. Наименьшие значения описываемой величины характерны для западной части объекта, а наибольшие — для юга территории, северо-востока и востока, а также центральной части объекта. Максимальный уровень мощности экспозиционной дозы (23,3 мкР/ч) отмечается в пределах следующих населенных пунктов: деревни Рождественно, Бабенки, Голохвастово, Сальково, Городок, поселок Шахово, деревни Клоково, Ширяево, хутор Ильичевка, деревня Большое Покровское.

Несмотря на то что указанные выше значения мощности экспозиционной дозы (от 13 до 23,3 мкР/ч) превышают среднегодовое значение, характерное для территории г. Москвы и Московской области (11–12 мкР/ч) (Радиационная..., 2016), в исследуемом регионе складывается комфортная радиоэкологическая обстановка.

В отношении загрязнения радиоактивным цезием на территории Новой Москвы складывается благоприятная ситуация. Плотность загрязнения ^{137}Cs территории не превышает 0,2 Ки/км² (норма — до 1 Ки/км²). Характер загрязнения изменяется в широтном направлении: с востока на запад территории значение плотности загрязнения цезием увеличивается. Предполагаем, что это связано с распространением радиоактивного загрязнения от аварии на Чернобыльской АЭС, которое постепенно уменьшается с запада на восток (Гусева и др., 2017).

Применение геоинформационного подхода позволило выявить некоторые особенности распространения ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th на территории Новой Москвы, а также высказать предположения относительно имеющейся картины распределения радиоактивных элементов.

Наиболее высокие значения ^{40}K характерны для восточной части объекта, а именно для долин рек территории (Пахра, Десна, Моча). Также небольшой участок с высокими значениями калия отмечается в южной части территории (в долине реки Черничка). Максимальные значения элемента в пределах территории зафиксированы на уровне 2,3 %, что в два раза больше средних значений радионуклида в почвах европейской части России.

В отношении загрязнения исследуемой площади радиоактивным ураном отмечается благоприятная обстановка: встречаются незначительные локальные участки повышенного содержания урана со значением до $1,6 \cdot 10^{-4}\%$ на северо-западе территории, на юге территории (вокруг пос. Рогово) и в долине рек Пахра (восточнее д. Городок), Десна (д. Филино и восточнее деревень Бабенки и Покровское).

Максимальные значения тория на территории Новой Москвы составляют до $12 \cdot 10^{-4}\%$, что в два раза превышает региональные значения. Участок, протягивающийся полосой с севера на юг через центр территории, характеризуется повышенным содержанием тория. Незначительные участки с высоким содержанием элемента отмечаются на юге территории, а также в ее восточной и северо-восточной частях.

Сопоставление площадей максимального содержания элементов с расположением антропогенных объектов не выявило никаких закономерностей, за исключением связи ^{40}K и инфраструктуры сельского хозяйства: максимальные содержания радионуклида приурочены к сельскохозяйственным угодьям.

Необходимо отметить, что данное наблюдение требует детального анализа. В связи с этим нами были отобраны пробы почвенного покрова с глубины 5–10 см для их дальнейшего анализа на содержание в них радионуклидов, в том числе ^{40}K . Пробы отбирались вблизи д. Рыжово, где расположен молочно-животноводческий комплекс и сельскохозяйственные поля, и в лесу, вдали от источников антропогенного воздействия. Содержание ^{40}K вблизи д. Рыжово оказалось незначительно выше по сравнению с другими точками пробоотбора.

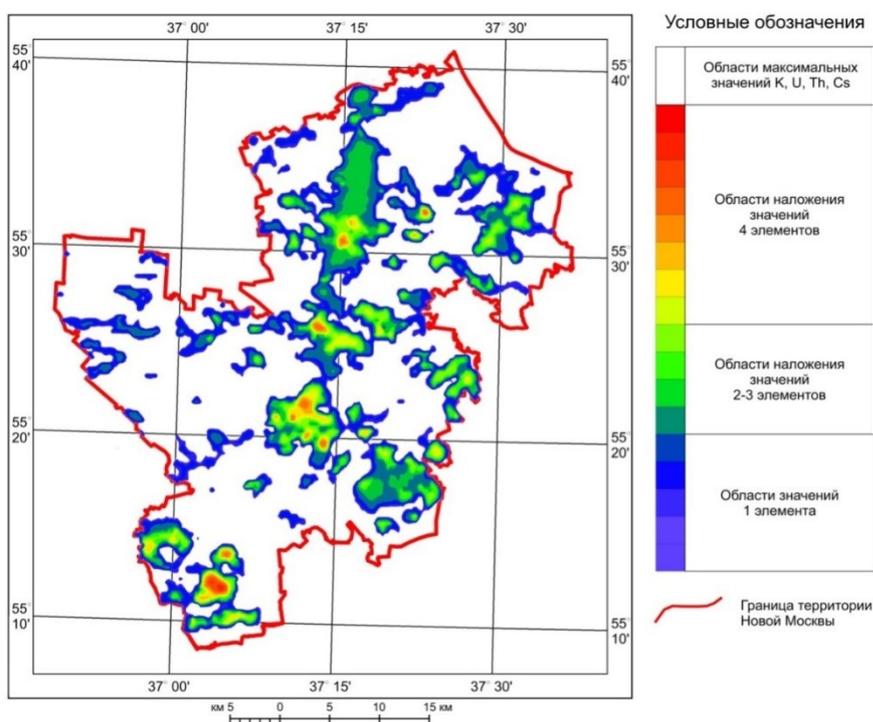
Благодаря сопоставлению построенной схемы линеаментной сети территории с областями максимального содержания радионуклидов выявлена связь линейных неотектонических структур с распределением тория и урана. В большинстве случаев повышенные значения ^{232}Th в пределах территории Новой Москвы соотносятся

с выделенными линейными структурами и линеаментами, а также с крупным протяженным по меридиану неотектоническим разломом (Гусева и др., 2018а).

Установлено, что тектонический фактор является ведущим в распределении урана. На севере территории выделяется региональный разлом, который разделяет три крупных неотектонических блока (Подольский, Рузский и Северный). Вдоль этого разлома, а также в долинах рек Незнайка и Десна наблюдаются повышенные значения урана по сравнению с остальной территорией Новой Москвы. Аналогичная ситуация характерна для неотектонического разлома, проходящего через центр территории (Гусева и др., 2018а). Восточнее него, в пределах долин рек Ликовка, Десна, Пахра, Моча и южнее истока р. Черничка, отмечаются максимальные значения ^{238}U . Большинство рек исследуемой территории (Незнайка, Десна, Ликовка, Моча, Пахра) текут с запада на восток, за исключением р. Чернички, которая течет с севера на юг. Места пересечения неотектонического разлома и речных долин представляют собой ослабленные участки в тектоническом плане, где может происходить вынос радионуклидов, которые, учитывая их повышенную миграционную способность, выносятся реками и аккумулируются в речных долинах.

Сопоставление содержаний радионуклидов с геологическими, геохимическими, геоморфологическими и ландшафтными факторами никаких закономерностей не выявило.

Также благодаря применению ГИС-технологий построена карта совокупного наложения максимальных значений ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th и ^{137}Cs (рис.) (Гусева и др., 2018б).



Карта совокупного наложения максимальных значений ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th и ^{137}Cs

The map of total overlay of maximum values of ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th and ^{137}Cs

Выводы

Подводя итог, необходимо отметить, что на территории Новой Москвы складывается благоприятная радиогеоэкологическая обстановка. Природный радиационный фон находится в пределах нормы и не превышает значения, установленные ВОЗ.

Наряду с этим в границах исследуемой площади отмечаются участки с концентрациями, превышающими региональные фоновые значения в два раза. Эти области являются потенциально радиационно опасными, но в данный момент не несут никакого риска для здоровья людей.

Причины такого распределения радионуклидов связаны с естественными факторами, лишь повышенные значения калия могут быть результатом неконтролируемого внесения минеральных удобрений на сельскохозяйственные площади.

На 70 % всей территории Новой Москвы не отмечено превышений содержаний радиоактивных элементов (рис.). В основном области совокупного наложения максимальных значений всех радиоактивных элементов наблюдаются по долинам рек (Пахра, Десна, Моча, Сосенка). Менее благоприятной радиогеоэкологической обстановкой характеризуется юг, северо-восток и центральная часть территории (область, протягивающаяся полосой с северо-запада на юго-восток). Отмечается пять локальных участков: на юге, в долине р. Черничка, включая деревни Круча и Рождественно, а также в центральной части территории (в долине р. Моча — д. Бабенки), в долине рек Пахра (район пос. Шахово), Десна (д. Ширяево) и Незнайка. Эти участки являются потенциально опасными в отношении радиологической обстановки, что требует дополнительных детальных исследований при планировании застройки территории.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество».

Литература

Александров Ю. А. Основы радиационной экологии: учеб. пособие. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2007. 268 с.

Гусева А. С., Устинов С. А., Петров В. А. Оценка геоэкологического состояния территории Новой Москвы на основе анализа распределения радиоактивных элементов по данным аэрогамма-спектрометрической съёмки // Новое в познании процессов рудообразования: сб. мат-лов 7-й Российской молодёжной науч.- практич. школы (Москва, 13–17 ноября 2017 г.). Электрон. дан. (1 файл: 37 Мб). М.: ИГЕМ РАН, 2017. С. 95–99.

Гусева А. С., Устинов С. А., Петров В. А. Пространственные закономерности локализации радионуклидов на территории Новой Москвы и их связь с неотектоническими структурами // Вопросы естествознания. 2018а. № 3 (17). С. 40–46.

Гусева А. С., Устинов С. А., Петров В. А. Геоинформационное картографирование геоэкологических зон территории Новой Москвы // Геоинформационное картографирование в регионах России: мат-лы X Всероссийский науч.-практич. конф. (Воронеж, 14–16 ноября 2018 г.). Воронеж: Научная книга, 2018б. С. 48–54.

Практические рекомендации по вопросам оценки радиационного воздействия на человека и биоту / под общ. ред. И. И. Линге и И. И. Крышева. М., 2015. 265 с.

Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2015 году: Ежегодник / составитель М. Н. Каткова. Обнинск, 2016.

Российское атомное сообщество // Технологии. URL: <http://www.atomic-energy.ru/technology/55260> (дата обращения: 11.03.2019).

Титаева Н. А. Ядерная геохимия. М.: МГУ, 2000. 336 с.

Сведения об авторах

Гусева Александра Сергеевна

младший научный сотрудник лаборатории геоинформатики, ИГЕМ РАН,
alexandra.guseva2011@yandex.ru

Устинов Степан Андреевич

кандидат геолого-минералогический наук, научный сотрудник лаборатории геоинформатики, ИГЕМ РАН, stevesa@mail.ru

Петров Владислав Александрович

доктор геолого-минералогический наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, ИГЕМ РАН, vlad243@igem.ru

Guseva Alexandra Sergeevna

Junior Researcher, Laboratory of Geoinformatics, IGEM RAS,
alexandra.guseva2011@yandex.ru

Ustinov Stepan Andreevich

PhD (Geology & Mineralogy), Researcher, Laboratory of Geoinformatics, IGEM RAS,
stevesa@mail.ru

Petrov Vladislav Aleksandrovich

Doctor of Sciences (Geology & Mineralogy), Professor, Corresponding Member of RAS,
Director, IGEM RAS, vlad243@igem.ru

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.6.012

УДК 502.51(285) (470.21)

В. А. Даувальтер

Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты,
Россия

ДОЛГОВРЕМЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР СЕВЕРА ФЕННОСКАНДИИ

Аннотация

Детальные исследования экологического состояния водных экосистем Северной Фенноскандии, в том числе донных отложений водоемов, проводятся ИППЭС КНЦ РАН в течение 30 лет, с момента образования института в 1989 г. Исследования проводились с целью оценки аккумуляции и распределения тяжелых металлов в отложениях водоемов. Рассматривались четыре аспекта изучения химического состава отложений: 1) фоновые концентрации; 2) вертикальное распределение; 3) концентрации в поверхностных слоях отложений; 4) определение интенсивности антропогенного воздействия с помощью коэффициента и степени загрязнения, создаваемого тяжелыми металлами, накопленными в донных отложениях.

Ключевые слова:

Северная Фенноскандия, озера, донные отложения, тяжелые металлы, оценка экологического состояния.