

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.067.02 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 17 декабря 2019 г. № 02/4

О присуждении Чугуевскому Алексею Викторовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Формы нахождения и подвижность техногенных гамма-излучающих радионуклидов в пойме реки Енисей (ближняя зона влияния Красноярского ГХК)» по специальности 25.00.09 – «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», принята к защите 14 октября 2019 г., протокол №02/2 диссертационным советом Д 003.067.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, д. 3), Приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

В 2005 году А.В. Чугуевский окончил магистратуру геолого-геофизического факультета Новосибирского государственного университета (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») по направлению «геология» со специализацией «экологическая геохимия». В 2008 году закончил очную аспирантуру в НГУ по специальности 25.00.09 «Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

**Научный руководитель** – кандидат геолого-минералогических наук, **Мельгунов Михаил Сергеевич**, старший научный сотрудник (совмещение с должностью заведующего лабораторией) лаборатории геохимии радиоактивных элементов и экогеохимии (№ 216), ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения РАН.

**Официальные оппоненты:** 1) **Рихванов Леонид Петрович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет» 2) **Юркевич Наталия Викторовна**, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией гидрохимии Ямало-Ненецкого филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, дали **положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) в своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником лаборатории

физики монокристаллов ИГХ СО РАН, заслуженным деятелем науки, профессором, доктором физико-математических наук Непомнящих Александром Иосифовичем и заведующей лабораторией геохимии окружающей среды и физико-химического моделирования ИГХ СО РАН доктором географических наук Безруковой Еленой Вячеславовной, указала, что работа изложена грамотным, понятным языком. Защищаемые положения хорошо обоснованы. Диссертация хорошо оформлена и иллюстрирована рисунками. Получены существенные результаты, имеющие фундаментальное и прикладное значение для геохимии радионуклидов в природных средах.

Соискатель имеет 32 опубликованных работы теме диссертации, из них 9 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК: – 9 работ.

1. Sukhorukov F.V., Melgunov M.S., **Chuguevsky A.V.** "Hot" and active particles in alluvial soils and sediments of the Yenisei River: radioisotope composition // Radioprotection. 2009. Т. 44. № 5. P. 227–231.

2. **Чугуевский А.В.**, Сухоруков Ф.В., Мельгунов М.С., Макарова И.В., Титов А.Т. "Торячие" частицы реки Енисей: радиоизотопный состав, структура, поведение в естественных условиях // Доклады Академии наук. 2010. Т. 430. № 1. С. 102–104.

3. Кропачева М.Ю., **Чугуевский А.В.**, Мельгунов М.С., Богущ А.А. Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва – ризосфера - растение на примере поймы реки Енисей // Сибирский экологический журнал. 2011. Т. 18. № 5. С. 719–727.

4. Sukhorukov F.V., Melgunov M.S., **Chuguevskii A.V.** The pebble fines contribution into radiation environment of the river Yenisei floodplain in an influence zone of the Krasnoyarsk mining and chemical combine (KMCC) // Radioprotection. 2011. Т. 46. № 6 SUPPL. P. S17-S23.

5. Kropatcheva M., **Chuguevsky A.**, Melgunov M. distribution of  $^{152}\text{Eu}$  and  $^{154}\text{Eu}$  in the 'alluvial soil-rhizosphere-plant roots' system // Journal of Environmental Radioactivity. 2012. Т.

6. Melgunov M.S., Pokhilenko N.P., Strakhovenko V.D., Sukhorukov F.V., **Chuguevskii A.V.** Fallout traces of the Fukushima NPP accident in southern west Siberia (Novosibirsk, Russia) // Environmental Science and Pollution Research. 2012. Т. 19. № 4. P. 1323–1325.

7. Bolsunovsky A., Melgunov M., **Chuguevskii A.**, Lind O.C., Salbu B. Unique diversity of radioactive particles found in the Yenisei River floodplane // Scientific Reports. 2017. Т. 7. № 1. P. 11132.

8. **Чугуевский А.В.** М.С. Мельгунов, И.В. Макарова Роль «горячих» частиц реки Енисей во вторичном перераспределении техногенных радионуклидов // Экология промышленного производства. 2018. 4(104). С. 7–12.

9. **Чугуевский А.В.**, Мельгунов М.С., Макарова И.В., Кропачева М.Ю. К вопросу о роли растительности в перераспределении техногенных радионуклидов в аллювиальных отложениях островов реки Енисей (ближняя зона влияния Красноярского ГХК). Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 2. С. 54–62.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов (все положительные, из них 1

без замечаний) от: 1. С.В. Вакуловского, д.т.н., г.н.с. (ФГБУ «НПО Тайфун»); 2. А.Я. Болсуновского, д.б.н., зав. Лабораторией радиоэкологии (Институт биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН); 3. Т.А. Зотиной, к.б.н., с.н.с. (Институт биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН); 4. В.Г. Линника, д.г.н., г.н.с. (ГЕОХИ РАН); 5. С.Ю. Артамоновой, д.г.-м.н., с.н.с. (ИГМ СО РАН); 6. Э.П. Солотчиной д.г.-м.н., в.н.с (ИГМ СО РАН); 7. Б.Р. Соктоева к.г.-м.н., (ФГАОУ ВО НИ ТПУ). В отзывах отмечено, что работа базируется на богатом фактическом материале, проанализированном современными аналитическими методами. Результаты, полученные автором, являются оригинальными, имеют фундаментальную научную значимость и практическую ценность, вносят важный вклад в радиоэкологический мониторинг поймы р. Енисей. Подчеркнуто, что важной информацией являются данные экспериментов по растворимости енисейских «горячих» частиц и результаты количественной экспериментальной оценки вклада растительности, произрастающей на загрязненной территории в вовлечение  $^{137}\text{Cs}$  во вторичный перенос. Исследования имеют практическую значимость в плане рекомендаций о необходимости проведения мероприятий по изолированию накопленных радиоактивных отходов.

В отзывах был сделан ряд замечаний. Часть 1-го защищаемого положения не доказана представленными в автореферате данными (Б.Р. Соктоев). Отмечено, что в автореферате нет схемы размещения точек отбора проб (В.Г. Линник). При изучении растворимости «горячих» частиц автор обратил внимание только на  $^{137}\text{Cs}$ . (Э.П. Солотчина). Нужно было дать характеристику пойменной растительности для обоснования выбора осоки в качестве модельного вида (С.Ю. Артамонова). Часть замечаний носят рекомендательный характер. Было предложено провести фракционное разделение материала, загрязненного в ходе натурального эксперимента (Э.П. Солотчина). Сравнить величину поступления  $^{137}\text{Cs}$  из «горячих» частиц в ходе растворения с сбросами ГХК (С.М. Вакуловский). Сопоставить вклад «горячих» частиц и наземной растительности во вторичную миграцию техногенных радионуклидов (А.Я. Болсуновский).

**Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что** Л.П Рихванов. и Н.В. Юркевич являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области геохимии радиоактивных элементов и экогеохимии. Оппоненты имеют ряд публикаций в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

**Выбор ведущей организации** (Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск)) обосновывается тем, что она проводит фундаментальные и прикладные исследования в области геохимии окружающей среды и физико-химического моделирования природных и технологических процессов. Сотрудники института д.ф.-м.н. А.И. Непомнящих и д.г.н. Е.В. Безрукова являются высококвалифицированными специалистами, способными определить и аргументировано обосновать научную и практическую ценность данной диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:** 1) получены убедительные свидетельства продолжающегося поступления в экосистему р. Енисей «горячих» частиц различного состава. Выделены два типа частиц – моноизотопные ( $^{60}\text{Co}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ) и полиизотопные ( $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,

$^{60}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Cm}$ ), при этом моно- $^{60}\text{Co}$  частицы, обнаружены в данном регионе впервые; 2) присутствием в составе «горячих» частиц  $\text{UO}_2$  и графита **доказано** их топливное происхождение 3) экспериментальным путем **показано**, что в естественных условиях «горячие» частицы постепенно растворяются, а содержащийся в их составе  $^{137}\text{Cs}$  выносится во вмещающие отложения. При этом полиизотопные частицы растворяются быстрее моноизотопных – за год во вторичную миграцию вовлекается 3,6 и 0,64% исходного количества  $^{137}\text{Cs}$  соответственно; 4) фракционным разделением загрязненного материала, полученного в ходе экспериментов, **определено**, что содержание подвижных форм  $^{137}\text{Cs}$  в нем составляет 40% для моно- и 50% для полиизотопной частицы, что существенно выше значений, характерных для типичных аллювиальных отложений поймы ближней зоны влияния ГХК (15–20%  $^{137}\text{Cs}$  в подвижных формах); 5) для аллювиальных почв ближней зоны влияния Красноярского ГХК впервые установлено наличие водорастворимой формы  $^{137}\text{Cs}$ ; 6) **показано**, что осока, произрастающая на загрязненных участках поймы, из всех радионуклидов избирательно накапливает  $^{137}\text{Cs}$ , который выносится из структур растения после его отмирания, причем до 60-70% накопленного  $^{137}\text{Cs}$  выносится в течение первых суток. 7) **разработан подход**, позволивший оценить количество  $^{137}\text{Cs}$ , вовлекаемое во вторичный перенос за счет жизнедеятельности прибрежной растительности. Показано, что оно составляет значения 26,6–131 МБк на  $\text{км}^2$ .

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:**

1) «Горячие» частицы являются одной из основных форм нахождения техногенных радионуклидов в загрязненных аллювиальных почвах реки Енисей, на отдельных участках поймы в ближней зоне влияния Красноярского ГХК их распространенность может достигать нескольких сотен частиц на  $\text{км}^2$ . По составу гамма-излучающих радионуклидов «горячие» частицы делятся на два основных типа: моноизотопные ( $^{137}\text{Cs}$  либо  $^{60}\text{Co}$ ), и полиизотопные ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ). Отсутствие активационного изотопа  $^{152}\text{Eu}$ , и наличие включений, имеющих урановую матрицу, указывает на их топливное происхождение.

2) В естественных условиях под воздействием поровых вод происходит постепенное растворение «горячих» частиц, и входящие в их состав радионуклиды могут вовлекаться во вторичную миграцию. Полиизотопные частицы растворяются интенсивнее, чем моноцезиевые – за год в естественных условиях во вмещающую почву выносится до 3,6 и 0,64% исходного количества  $^{137}\text{Cs}$  соответственно. В высокоактивных почвах, загрязненных в результате растворения «горячих» частиц, установлена водорастворимая форма  $^{137}\text{Cs}$ , вынос которой происходит многостадийно.

3) Установлено, что из всех техногенных радионуклидов, депонированных в загрязненных аллювиальных почвах реки Енисей, в растениях береговой зоны в значимых количествах накапливается только  $^{137}\text{Cs}$ . После завершения цикла развития растений, при попадании отмерших остатков в водную среду происходит быстрый вынос (до 70% — в первые сутки) накопленного  $^{137}\text{Cs}$  из внутренних клеточных структур растения. Показано, что для модельного участка поймы, расположенного в ближней зоне влияния Красноярского ГХК, ежегодно в повторную миграцию за счет

жизнедеятельности наземных растений может вовлекаться от  $3,8 \cdot 10^5$  до  $1,87 \cdot 10^6$  Бк  $^{137}\text{Cs}$ .

**Применительно к проблематике диссертации результативно** использован комплекс современных методов исследования вещества, включая электронную микроскопию, полупроводниковую гамма-спектрометрию, рентгенофазовый анализ. **Изложенные** в диссертационной работе новые данные и их интерпретация дают убедительные экспериментальные свидетельства того, что, находясь в естественных условиях залегания в затапливаемых аллювиальных отложениях поймы р. Енисей, «горячие» частицы постепенно растворяются, а входящих в их состав  $^{137}\text{Cs}$  вовлекается во вторичную миграцию. **Выявлено** избирательное накопление осокой, произрастающей на загрязненных территориях,  $^{137}\text{Cs}$  и вынос его в водный раствор при отмирании растений в ходе паводков или по окончании вегетационного периода. **Проведена** количественная оценка вклада наземной растительности во вторичную миграцию техногенных радионуклидов.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что** их можно использовать при оценке радиоэкологической опасности техногенных радионуклидов, накопленных в ближней зоне влияния Красноярского ГХК (в том числе, и в отстойниках-накопителях комбината) и принятии решения о целесообразности ограничения хозяйственной деятельности на рассматриваемых участках поймы. Результаты лабораторных и натуральных экспериментов по изучению растворимости енисейских «горячих» частиц могут быть использованы при оценке сроков нахождения частиц в аллювиальных отложениях, и, соответственно, времени их поступления в окружающую среду.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**Результаты экспериментальных работ** получены на современном сертифицированном оборудовании для минералого-геохимических, геохимических, гамма-спектрометрических исследований:

коаксиальный HPGe полупроводниковый детектор (ППД) EGPC 20-1.80- SHF 00 30A (фирма EURISYS MEASURES (Франция), с относительной эффективностью регистрации 20% и разрешением по линии 1332.5 кэВ ( $^{60}\text{Co}$ )- 1.8 кэВ (ИГМ СО РАН); планарный HPGe ППД (производство ИФТП, г. Дубна, эффективная площадь регистрации – 100 мм<sup>2</sup>, разрешение по линии 59,54 кэВ ( $^{241}\text{Am}$ ) – 420 эВ (ИГМ СО РАН); колодезный коаксиальный HPGe ППД с активным объемом 200 см<sup>3</sup>, абсолютной эффективностью регистрации 15%, разрешением по линии 1332.5 кэВ – 2.2 кэВ, по линии 121.78 ( $^{152}\text{Eu}$ ) – 1.4 кэВ) (ИГМ СО РАН), комплексный спектрометрический процессор FP-6300 той же фирмы, многоканальный анализатор АЦП-8К-2 в составе ПК IBM PC и программного комплекса ANGAMMA фирмы "АСПЕКТ" (г. Дубна) (ИГМ СО РАН); рентгеновский дифрактометр ARL X'TRA (излучение Cu K<sub>α</sub>) (ИГМ СО РАН); сканирующий электронный микроскоп LEO1430VP, снабженный энергетическим спектрометром "OXFORD" (ИГМ СО РАН).

**Установлена согласованность результатов исследования** соискателя с данными литературных источников по указанной тематике, отражающих основные представления о процессах миграции техногенных радионуклидов в компонентах окружающей среды [Бобовникова и др., 1990; Булгаков и др., 1990; Лошилов и др., 1992; Рихванов, 1994, 1997;

Tcherkezian et al., 1994, 1997; Тимофеев, 1995; Караваева и др., 1997, Кашпаров и др., 1997; Болсуновский и др., 1997, 2000, 2001, 2011; Korobova et al, 1998; Гритченко, 2001;; Salbu et al., 2001, 2003, 2007; Malek et al., 2002; Леонова и др., 2003, 2004, 2006; Вакуловский и др., 2004, 2008; Pozolotina et al., 2008], а также с аналитическими результатами других исследователей по объекту исследования [Сухоруков и др., 2004; Бондарева и др., 2005; Зотина и др., 2009, 2014; Линник, 2011, 2018; Кропачева и др., 2011, Korobova et al, 2014; Korobova et al, 2016; Kropacheva et al., 2017].

В ходе работ были **использованы** современные методики пробоотбора и пробоподготовки. Был получен большой объем фактического материала. Отобраны компоненты речной системы на 6 участках пойм р. Енисей (донные отложения, почвы, пробы растений). Методами гамма-спектрометрии было проведено более 2500 измерений. Результаты исследований апробированы на многих российских и зарубежных конференциях.

**Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии** в полевых работах (сезоны 2003-2016 гг.), в постановке задач, планировании, подготовке и проведении экспериментов, в обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполнении расчетов и формулировании выводов.

На заседании 17 декабря 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Чугуевскому Алексею Викторовичу ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 11 докторов наук по специальности 25.00.09, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного совета,  
Академик РАН



Н.В. Соболев

Ученый секретарь диссертационного совета,  
д.г.-м.н.

О.Л. Гаськова

«19» декабря 2019 г.