

Министерство науки и высшего образования Российской
Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и
геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)

СТЕНОГРАММА

Заседания диссертационного совета Д 002.122.01 при
Институте геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии Российской академии наук

от 15 октября 2020 года

Защита кандидатской диссертации **Усачевой Анны Андреевны** на
тему: **«Закономерности распределения радиоцезия глобальных
выпадений в тундровых и таежных ландшафтах Западной Сибири»**
на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 25.00.36 - геоэкология

Москва, 2020 г.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬСТВУЮЩИЙ - председатель диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН Юдинцев Сергей
Владимирович

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ диссертационного совета - кандидат геолого-
минералогических наук, старший научный сотрудник Андреева Ольга Андреевна.

Присутствовали члены Диссертационного совета:

Фамилия И. О.	Ученая степень, шифр специальности в совете
Юдинцев С.В.	член-корр. РАН, 25.00.36
Бортников Н.С.	академик РАН 25.00.09
Андреева О. А.	к.г.-м.н., 25.00.04
Аранович Л.Я.	член-корр. РАН, 25.00.04
Арискин А. А.	д.г.-м.н., 25.00.09
Борисов А.А.	д.г.-м.н., 25.00.09
Борисов М.В.	д.г.-м.н., 25.00.09
Гирнис А.В.	д.г.-м.н., 25.00.09
Дубинина Е.О.	член-корр. РАН, 25.00.09
Кочкин Б. Т.	д.г.-м.н., 25.00.36
Мальковский В.И.	д.ф.-м.н., 25.00.36
Носова А. А.	д.г.-м.н., 25.00.04
Петров В.А.	член-корр. РАН, 25.00.36
Прокофьев В.Ю.	д.г.-м.н., 25.00.09
Пэк А. А.	д.г.-м.н., 25.00.36
Самсонов А.В.	член-корр. РАН, 25.00.04
Шарков ЕВ.	д.г.-м.н., 25.00.04
Ярмолюк В.В.	академик РАН, 25.00.04

Юдинцев С.В.:

Наше заседание проходит в необычной обстановке. Надо сказать, на сайте ВАК на эту неделю приходится около 200 защит диссертаций, объявлений о защитах, в том числе на сегодняшний день 45 защит. Вот одна из них сегодня будет у нас и напоминаю сразу, что в 3 часа у нас будет второе заседание, также посвященное защите кандидатской диссертации. Ну я с большой радостью хочу сказать, что все 6 условий, необходимых для того чтобы наше заседание было правомочно выполнены, поэтому мы можем начать наше заседание и в повестке нашего заседания один вопрос – это защита диссертации Усачевой Анны Андреевны под названием «Закономерности распределения радиоцезия глобальных выпадений в тундровых и таежных ландшафтах Западной Сибири», специальность 25.00.36 – геоэкология. Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН). Научный руководитель - кандидат геолого-минералогических наук Мирошников Алексей Юрьевич (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН. Официальные оппоненты - Евсеев Александр Васильевич, доктор географических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова и Кузьменкова Наталья Викторовна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН. Ведущей организацией является Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН. И теперь я должен предоставить слово... Да, давайте утвердим повестку нашего заседания открытым голосованием. Кто за? Принято единогласно, против нету, воздержался нету. Теперь ученый секретарь нашего совета зачитает материалы личного дела.

Андреева О.А.:

Здравствуйте! Усачева Анна Андреевна родилась в 1988 году. В 2011 году она окончила кафедру геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности Геоэкология. В октябре 2011 года была принята на работу на кафедру геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. С 2011 по 2015 год обучалась в заочной аспирантуре на географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, а в апреле 2013 года принята на работу в ИГЕМ РАН на должность инженера-исследователя, в настоящее время является научным сотрудником лаборатории радиогеологии и радиогеоэкологии ИГЕМ РАН, где и была выполнена работа.

Юдинцев С.В.:

Вопросы есть? Нет, ну тогда предоставляется слово диссертанту.

Усачева А.А.:

Излагает основные положения и выводы диссертации (доклад прилагается).

Юдинцев С.В.:

Спасибо, Анна Андреевна. У кого есть вопросы? Задавая вопросы, пожалуйста, представляйтесь.

Аранович Л.Я.:

Скажите, пожалуйста, период полураспада цезия какой?

Усачева А.А.:

30 лет, 30,2, а если точнее, то 30,17 лет

Аранович Л.Я.:

А можно обратно к каким-нибудь расчетам... оценить концентрацию цезия на момент так сказать аварии?

Усачева А.А.:

У нас речь шла о фоновых ландшафтах, поэтому фоновые ландшафты, они не были загрязнены отдельно в результате аварий, то есть фоновое загрязнение Земли формируется благодаря ядерным взрывам, которые происходили еще в 1940-х – 1960-х гг. и соответственно также аварии повлияли... повлияли только крупные аварии, у которых была величина выброса более... куда цезий выбрасывался на высоту 10 и более км, соответственно именно эти выпадения сформировали глобальный радиационный фон, поэтому отдельно от аварий наши участки оценить нельзя. Поскольку мы удалены и от Семипалатинского и от Новоземельского полигонов, то есть тут нету региональных или локальных выбросов, они здесь отсутствуют.

Ярмолюк В.В.:

По сути дела был тот же самый вопрос, то есть вообще нельзя отследить, когда какие либо события происходили? вот у Вас же есть разрезы, они везде будут получается однотипные?

Усачева А.А.:

Нет они не однотипные. Можно в принципе отследить: есть и локальные повышения на определенной глубине от Чернобыльской аварии, даже не только на территории Восточно-Европейской равнины, но и дальше соответственно.

Ярмолюк В.В.:

Вот Фукусима, она совсем, как говорится, недавно произошла и она как-нибудь фиксируется в ваших разрезах?

Усачева А.А.:

Нет, поскольку прошло еще слишком мало времени...

Ярмолюк В.В.:

Не успело выпасть? Цезий

Усачева А.А.:

Нет, он успел выпасть. Поскольку Фукусима достаточно далеко, она внесла определенный вклад в глобальное загрязнение ландшафтов, но пока еще не фиксируется плюс полевые работы были выполнены в 2012-2013 гг. и да фактически сразу после. И все-таки на Фукусиме был не такой выброс как дали испытания ядерного оружия.

Дубинина Е.О.:

У вас на 20-м слайде была формулировка легкий гранулометрический состав. Можете пояснить, что она означает?

Усачева А.А.:

Легкий гранулометрический состав – это песчаный и супесчаный состав. То есть тяжелые фракции считаются коллоиды, илистая фракция и фракции пылеватые, то есть глинистые. Легкий гранулометрический состав – это песок и супеси.

Борисов А.А.:

Скажите, пожалуйста, в цезии Вы измеряете активность, да?

Усачева А.А.:

Да

Борисов А.А.:

А это справедливо ли? А другие радионуклиды не вносят свой вклад?

Усачева А.А.:

Нет.

Борисов А.А.:

Нет, это обычное дело для вас.

Усачева А.А.:

Да

Юдинцев С.В.:

У меня вопрос такой. Когда Вы даете формулу, график с цезием, у Вас довольно закономерно и быстро увеличивается запас цезия с севера на юг и если, например, строительство планировать, то у Вас совсем близко расположены критические значения, которые будут превышены... Правда же?

Усачева А.А.:

Нет, критические значения не будут превышены, потому что еще раз норматив по

цезию составляет 37 кБк/м², наш самый южный участок был расположен в средней тайге, даже если мы уйдем в южную тайгу, в которой запас составляет примерно 8 кБк/м², то есть это примерно в 4-5 раз все равно меньше допустимой величины.

Юдинцев С.В.:

То есть, есть такие данные по более южным участкам?

Усачева А.А.:

В принципе есть, да. И хочу заметить, что это именно фоновые ландшафты Восточно-Европейской равнины, то есть незагрязненные в результате аварии. Естественно, в загрязненных будут другие величины, где был след от Чернобыльской аварии.

Петров В.А.:

Анна Андреевна, у меня вопрос по практической значимости. В автореферате написано: характеристика текущего уровня фонового загрязнения экосистем радиоцезием и детальный анализ особенностей его миграции может служить основой для быстрого реагирования в случае аварийных выпадений и поступления радионуклида в окружающую среду. А вот скажите можно ли применить ваш подход, например, к степным ландшафтам?

Усачева А.А.:

Он будет очень частично применим, поскольку Западная Сибирь обладает особенными ландшафтами: там очень большое количество болот и все-таки миграция в таежных ландшафтах сильно отличается от степных. То есть степные, конечно, лучше изучать отдельно они более щелочные, менее кислые, процессы происходят немного по-другому.

Петров В.А.:

Это понятно. Все-таки географическая значимость здесь присутствует. Так наверное все-таки можно с корректировкой использовать ваши методы для степей?

Усачева А.А.:

С существенной корректировкой, но может быть.

Юдинцев С.В.:

Еще вопросы?

Кочкин Б.Т.:

Фоновое загрязнение – то, что вы исследовали и реальные аномалии после аварий: у вас есть цифры?

Усачева А.А.:

Если говорить про Кыштымскую аварию, то с учетом периода полураспада, если

говорить про настоящее время, а не сразу после аварии, там действительно очень много территорий, ПДК некорректно говорить, вот этот разработанный норматив, где-то будет двух-трехкратное превышение вот этого норматива, после которого ландшафты и почвы считаются загрязненными.

Юдинцев С.В.:

Спасибо, еще вопросы? У меня вопрос. В вашем докладе прозвучало про щелочной барьер, поскольку все происходит в кислой области, в вашем автореферате это есть: то что повышение рН на 0,6 до 4,3 – это щелочной барьер, но это такое замечание – оно в разрез со здравым смыслом. А далее написано в автореферате написано, что вы изучали почвы 2-х стволов. Что такое почвенный ствол? И сколько их вообще.

Усачева А.А.:

Я сейчас кратко отвечу на этот вопрос, поскольку этот вопрос есть в замечании ведущей организации. Всего выделяют 3 почвенных ствола: нами изучены 2 почвенных ствола. Постлитогенный почвенный ствол, при котором процесс почвообразования идет на уже сформировавшейся почвообразующей породе. Следующий ствол – это органогенные почвы, то есть почвообразование идет прямо сейчас, то есть торф активно нарастает и мы видим это в режиме реального времени. И последний ствол – это синлитогенный, который мы не рассматривали. Об этом я расскажу подробнее позже, потому что там длинный ответ.

Юдинцев С.В.:

Спасибо, Анна Андреевна. Дальше по процедуре нужно предоставить слово научному руководителю.

Мирошников А.Ю.: (официальный отзыв прилагается)

Ну я хочу сказать то, что уже было названо: Анна Андреевна работает в ИГЕМ с 2013 года. И за это время она принимала участие в большом количестве научно-исследовательских работ, которые я хотел бы назвать, потому что та работа, которая была здесь представлена сейчас, она выполнялась на фоне и параллельно с темой госзадания «Закономерности миграции и распределения радиоактивных и стабильных загрязнителей в ландшафтно-геохимических системах Арктики». Кроме того, Анна Андреевна принимала активное участие в программах президиума «Арктика»: "Мониторинг радиационного влияния на ландшафтно-геохимические системы арктического побережья Кольского полуострова". Там она самостоятельно в качестве начальника отряда проводила полевые экспедиционные исследования. Также Анна Андреевна принимала участие в проекте «Оценка и прогноз изменений радиационного

состояния эстуарно-дельтовой экосистемы Енисея в условиях изменения климата в Арктике». Кроме того, в эти же годы, когда выполнялась диссертационная работа Анна Андреевна работала и по проекту РФФ "Прогноз радиоактивного загрязнения ландшафтов и акваторий западного сектора Российской Арктики и радиационного влияния на объекты нефтегазодобывающей отрасли в условиях изменения климата». И еще мне бы хотелось назвать 3 проекта РФФИ, в которых Анна Андреевна также принимала активное участие. Это – «Оценка плотности глобальных выпадений ^{137}Cs на территорию Сибири по данным его накопления в донных отложениях и почвах водосборов замкнутых озер», следующий проект – «Радиационно-геохимическая устойчивость донных осадков Карского моря и оценка их способности к самоочищению» и проект, который продолжается еще – «Современные источники и эволюция радиоактивного загрязнения сибирских морей Российской Арктики». Работа по всем этим проектам, по всем этим направлениям: Анна Андреевна проявляет себя как сложившийся, как самостоятельный исследователь. И, кроме того, что она руководила экспедиционными работами и активно участвовала в других, она также руководит работой студентов, точнее работает с нашими студентами, которые приходят из Менделеевского института к нам на практику. Ну и хотелось бы еще сказать о некоторой географии, что за время работы в ИГЕМ – это и Кольский полуостров, Бреховские острова, нижнее и среднее течение Енисея, моря Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское. Хотелось бы это завершить тем, что Анна Андреевна – очень коммуникабельный человек, прекрасно работает в команде, обладает великолепной, потрясающей работоспособностью, как с литературой, так и с фактическим материалом, с его анализом. У нее совершенно нормальная история с публикационной активностью. И я уверен в том, что Анна Андреевна заслуживает присвоения степени кандидата наук и ее дальнейшая научная деятельность будет приносить ИГЕМ`у баллы.

Юдинцев С.В.:

Спасибо, вопросы к руководителю? Тогда слово секретарю.

Андреева О.А.:

Я сейчас зачитаю заключение, где выполнялась работа – это ИГЕМ РАН.

Зачитывает отзыв организации, где была выполнена работа (отзыв прилагается).

Дальше я зачитаю отзыв ведущей организации.

Зачитывает отзыв ведущей организации (отзыв прилагается).

Наверное Анна Андреевна ответит на замечания.

Юдинцев С.В.:

Наверное лучше сразу ответить на отзывы ведущей организации и на отзывы на

автореферат.

Андреева О.А.:

На диссертацию и автореферат поступило **8 отзывов** (все отзывы положительные). В них отмечается новизна проведенного исследования, широкое применение современных химико-аналитических методов анализа, актуальность исследования миграции радиоцезия в фоновых ландшафтах, а также практическая и теоретическая значимость полученных результатов.

Поступили отзывы от: 1. Тентюкова Михаила Пантелеймоновича, доктора геолого-минералогических наук, профессора кафедры геологии Института естественных наук ФГБОУ ВО «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина»; 2. Удачина Валерия Николаевича, доктора геолого-минералогических наук, доцента, директора ФГБУН Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук; 3. Белогуб Елена Витальевна, доктора геолого-минералогических наук, доцента, главного научного сотрудника, заместителя директора по научным вопросам ФГБУН Южно-Уральского федерального научного центра минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук; 4. Лебедевой Марины Павловны, доктора сельскохозяйственных наук, заведующей лабораторией минералогии и микроморфологии почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева; 5. Анисимова Вячеслава Сергеевича, кандидата биологических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории радиохимии и аналитической химии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»; 6. Михайловской Людмилы Николаевны, кандидата биологических наук, старшего научного сотрудника лаборатории общей радиоэкологии Института экологии растений и животных Уро РАН; 7. Голованова Дмитрия Леонидовича, кандидата географических наук, доцента кафедры геохимии ландшафтов и географии почв Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова; 8. Шоркунова Ильи Германовича, кандидата географических наук, научного сотрудника Отдела географии и эволюции почв Института географии РАН

Четыре отзыва (М.П. Тентюкова, В.С. Анисимова, Л.Н. Михайловской и И.Г. Шоркунова) без замечаний. В остальных имеются замечания, наиболее существенные из которых сводятся к следующему:

1. В качестве замечания можно отметить не очень удачные названия двух новых типов накопления ^{137}Cs - Положение 1, выносимое на защиту (стр. 5 Автореферата). Соискатель предлагает ввести элювиально-иллювиальный тип накопления и

аккумулятивно-элювиально-иллювиальный. На наш взгляд эти термины, устоявшиеся в почвоведении, имеют вполне определенные значения. Так процесс элювиирования связан с процессами исключительно выноса, а иллювиирования с процессом перемещения любых веществ в ненарушенных профилях почв. Криво- и биотурбации скорее нарушают накопление радиоцезия в определенном горизонте почв, чем создают условия для аккумуляции на определенной глубине. Это Марины Павловны Лебедевой замечание.

2. Не очень понятно о каком щелочном барьере идет речь во 2-м предлагаемом типе, если отмечается возрастание реакции среды от сильно кислой (рНводн. 3.3 - 4.2.) в торфяных олиготрофных почвах всего лишь до кислой (рНводн. 4.0-5.0) в альфегумусовых, глеевых и других почвах (Автореферат, стр. 25). (Лебедева М.П.).

3. По первому защищаемому положению накопление радионуклида на щелочно-сорбционном барьере на глубинах 25-35 см полностью считать обоснованно доказанным, вероятно, нельзя. Увеличение актуальной кислотности на 0.5-0.6 единиц не приводит к появлению "щелочной" составляющей комплексного геохимического барьера, а многократное увеличение емкости катионного обмена на этом интервале никак не объясняется (по крайней мере, в автореферате). (Удачин В.Н.).

4. Нарушение постлитогенного распределения радиоцезия в вертикальных профилях криогенных почв за счет криотурбаций не подтверждается фотографиями приведенных почвенных разрезов. Следы криотурбаций есть, но масштабность процесса для постлитогенного перераспределения радионуклидов, хим.элементов, как представляется, недостаточна. (Удачин В.Н.).

5. Методологическим недостатком работы является отсутствие анализа влияния минерального состава почв, в частности слоистых силикатов, на накопление ^{137}Cs . К сожалению, минералогия почв в работе практически не затронута, несмотря на то, что в обзоре имеющейся литературы автор указывает на преобладание в почвах с большим количеством минеральной составляющей стабильной формы цезия, связанной со слоистыми глинистыми минералами. Оценка содержания слоистых силикатов в даже в постлитогенных почвах не производилась (Белогуб Е.В.).

6. Можно поспорить с выводом 3 автора о большей интенсивности миграции радиоцезия в сильнокислых олиготрофных болотных почвах, по сравнению с другими менее кислыми почвами. Заглубленный максимум радиоцезия в этих почвах может быть связан не с миграцией элемента, а нарастанием поверхности торфа вверх. Подобный эффект был обнаружен и в болотных почвах Белоруссии в сфере воздействия

радиовыпадений от аварии Чернобыльской АЭС. (Голованов Д.Л.)

7. Вызывают вопросы принципы построения легенды карты фактического материала: зональный порядок расположения ландшафтов в легенде нарушен, а какой тогда принцип построения легенды? (Голованов Д.Л.).

Усачева А.А.:

Ответы на замечания ведущей организации.

Вопрос про источники цезия-137. Во введении во втором абзаце говорится о том, что именно «испытания ядерного оружия обусловили глобальное загрязнение Земли ... ¹³⁷Cs... А также в автореферате на стр. 21 говорится о формировании «глобального радиационного фона за счет ядерных испытаний». Возможно, эти строчки ускользнули от рецензента. При этом тот факт, что основными источниками радионуклидов, формирующими глобальные выпадения, являются именно ядерные взрывы, слишком общеизвестен, чтобы его специально конкретизировать и отдельно рассматривать в специализированном исследовании. И да здесь безусловно имелось ввиду, отсутствие влияние региональных и локальных выпадений от взрывов, проведенных на Семипалатинском и Новоземельском полигонах.

Что касается замечания про морфологический профиль, то, конечно же, речь идет о сходном строении почвенного профиля, а не о морфологическом строении. Однако не могу полностью согласиться с утверждением рецензента о том, что процесс формирования постлитогенных оторфованных почв является абсолютно завершенным, равно как и с тем, что использование глагола «формируются» предполагает только активный процесс формирования.

Замечание про морфологическое описание и отсутствие фото. Дело в том, что только на дополнительных участках было заложено 16 почвенных разрезов, а на основных – еще 51 разрез. При таком количестве почвенных разрезов, нецелесообразно давать подробное морфологическое описание, поскольку описание одного разреза с фотографией в среднем занимает одну страницу. То есть текст работы увеличился бы на 67 страниц. Кроме того, в приложении диссертации приведены основные почвенные горизонты, их диагностические свойства и признаки.

Замечание про торфяной горизонт, про индексацию торфяного горизонта. И в тексте диссертации и в тексте автореферата сразу оговаривается значительное преобладание олиготрофных подтипов над эутрофными и в скобках приведено количество разрезов для каждого подтипа, что, в целом, типично для Западной Сибири и отмечалось еще классиками в 1973 и 1977, например, Караваевой.

Что касается обозначений горизонтов: можно было сделать, как предлагает

рецензент, однако был оставлен индекс ТО, поскольку выделенные горизонты диагностически соответствуют именно торфяно-олиготрофным горизонтам: то есть степень разложенности мхов в них не превышает 50%, зольность не превышает 6%, а значения рН соответствуют сильнокислым и кислым значениям.

Замечание про то, почему не были рассмотрены другие стволы почвообразования. В современной классификации выделяют 3 ствола почв – постлитогенные, то есть почвы, образовавшиеся на уже сформировавшейся почвообразующей породе и о них мы говорили в нашей работе, органогенные почвы – которые мы также рассматриваем. И последний ствол – это ствол синлитогенных почв, в которых почвообразование происходит одновременно с осадконакоплением. К синлитогенным почвам, например, относятся вулканические и слаборазвитые, которые по понятным причинам, мы не могли встретить на территории Западной Сибири. Также к синлитогенным почвам относятся аллювиальные почвы, но их рассмотрение не входило в задачи исследования, так как мы сосредотачивались на верховьях речных бассейнов, где, соответственно, нет пойм и аллювиальные почвы отсутствуют.

Замечание про современный уровень загрязнения. С этим замечанием я могу согласиться лишь частично, т.к. в 8-м пункте заключения сказано: Средние и максимальные величины плотности загрязнения ^{137}Cs в почвах значительно ниже предельно допустимой величины.... Не названы конкретные цифры, но они неоднократно были приведены как в автореферате на стр. 23 и 24, так и в 5-ой главе текста самой диссертации.

Замечание от Лебедевой Марины Павловны про термины и типы накопления. Да действительно термины устоявшиеся в почвоведении. Но мне представляется возможным их использование для описания типа распределения радионуклида, поскольку именно они наилучшим образом характеризуют видимую картину распределения цезия-137. Именно поэтому не стали придумывать новые термины, хотя, наверное, можно было бы и ввести, что, с другой стороны, привело бы к необходимости строгого обоснования такого введения, что, на мой взгляд, не является очевидным. Что касается крио- и биотурбаций, то они, действительно, с одной стороны, нарушают накопление радиоцезия, но не сам процесс накопления, а нарушают его результат, с другой стороны, крио- и биотурбации влияют на условия аккумуляции.

Замечание про щелочной барьер и 2-ой вывод в заключении, который был от Марины Павловны. На странице 25 автореферата во втором выводе речь идет не о щелочном барьере, а о глубине проникновения в почвах: для торфяных олиготрофных почв характерна низкая зольность, почти полное отсутствие глинистых минералов и

низкие значения рН, которые способствуют более активной миграции вглубь почвенного профиля по сравнению с менее кислыми постлитогенными минеральными почвами.

Замечание от Удачина Валерия Николаевича про щелочно-сорбционный барьер и про емкость катионного обмена. Емкость катионного обмена в торфяных почвах в интервале 30-40 см увеличивается вследствие большей степени разложенности мхов по сравнению с вышележащей толщей и из-за высвобождения из растительных тканей таких биогенных элементов, как кальций, магний и калий, что, в свою очередь, может способствовать повышению величины рН. Для очень кислых торфяных олиготрофных почв, повышение рН на 0,6-0,8 единиц и более может существенно отразиться на процессах миграции и аккумуляции различных химических элементов, в том числе цезия-137. Также что касается щелочной составляющей: по Теории о барьерах, происходит концентрация на каком-то коротком расстоянии вследствие изменения каких-либо физико-химических факторов. И если у нас происходит повышение рН, соответственно, даже при кислых значениях, повышение рН приводит к подщелачиванию и корректно говорить о щелочном барьере в кислом плече.

Замечание про масштабность процесса для перераспределения радионуклидов. В работе речь идет именно о механическом переносе, а не о физико-химической миграции. Что касается фото, то, действительно, следовало бы поместить в автореферате фотографии криотурбированных и криогенных почв большего размера.

Замечание про минеральный состав. Изучение влияния минерального состава почв не входило в цели и задачи исследования, хотя его наличие усилило бы работу.

Замечание от Дмитрия Леонидовича Голованова про нарастание торфа. Скорость нарастания торфа была определена с помощью радиоуглеродного анализа. По данным радиоуглеродного датирования древесных углей из почв северотаежных участков Пурпе и Ноябрьска, отобранных в краевой части болот, скорость торфонакопления составляет 2 мм/год. То есть за 10 лет могло сформироваться 2 см торфа, а за 70 лет (с начала первых испытаний ядерного оружия) - 14 см, что подтверждает именно внутрипрофильную миграцию ¹³⁷Cs. Более подробно на этом вопросе я остановлюсь, когда буду отвечать на замечание оппонента.

Замечание про карту. Фактический материал нанесен на карту ландшафтно-геохимических условий миграции радионуклидов и размещения источников радиоактивного загрязнения России, которая составлена под руководством А.И. Перельмана и под редакцией Н.П. Лаверова в 1994-году. Действительно при оцифровке и генерализации карты в одном месте нарушен порядок вследствие опечатки, однако в

презентации он был исправлен. Принцип построения легенды: сначала зональные ландшафты, расположенные от юга к северу, затем интразональные ландшафты.

Спасибо.

Юдинцев С.В.:

Спасибо, Анна Андреевна. Здесь присутствует из двух один официальный оппонент, она зачитает свой отзыв. Затем отзыв второго оппонента зачитает ученый секретарь.

Кузьменкова Н.В.: (официальный отзыв прилагается)

Добрый день, уважаемые коллеги! Я получила удовольствие от чтения предложенной диссертации. Хочется сказать, что работа посвящена изучению миграции продукта глобальных выпадений ^{137}Cs в почвах и растительности тундровых и таежных ландшафтов Западной Сибири. Актуальность работы не вызывает сомнений и определяется организацией радиоэкологического мониторинга так называемых «фоновых» территорий стратегически важного для Российской Федерации региона - Арктической Зоны. Анной Андреевной подробно изучены различные типы почв, их физико-химические свойства, а также геохимические ландшафты некоторых труднодоступных районов Западной Сибири. Хочется отметить влияние научного руководителя Ирины Алдаровны Горбуновой, которая у Анны Андреевны была, я так понимаю, всю аспирантуру официально. Вот, и конечно работа очень сильная, мощная, как раз именно с точки зрения классического почвоведения, именно той кафедры, которую Анна Андреевна закончила на географическом факультете.

Работа является логичной и грамотно оформленной. Текст включает введение, критический обзор литературы, расширенное географическое описание объектов и методов исследования, описание особенностей аккумуляции цезия в почвах, растительности и ландшафтах исследуемых участков Западной Сибири. В заключении кратко сформулированы основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

Научная новизна диссертации заключается в выявлении закономерностей вертикального и латерального распределения радиоцезия в зональном ряду сопряженных автоморфных и гидроморфных ландшафтов некоторых районов Западной Сибири. И практическая значимость, как уже большинство здесь отметило, заключается в установлении современного уровня загрязнения ^{137}Cs фоновых, ранее не изученных, районов Западной Сибири.

Несмотря на достоинства, рецензент отмечает ряд замечаний и вопросов, я их озвучу, также озвучу вывод.

1. При определении миграции ^{137}Cs в торфяных почвах автором не проводилось радиоуглеродное датирование изучаемых торфов, однако делается вывод, что проникновение радионуклида связано с внутрипрофильной миграцией и исключается возможность его захоронения вследствие процесса торфонакопления. Насколько правомерно делать такой вывод, не проводя радиоуглеродного анализа, а полагаясь исключительно на литературные данные?

2. В главе 3 исследована глубина проникновения ^{137}Cs в зависимости от степени гидроморфизма почв. Делается вывод, что глубина проникновения увеличивается от автоморфных к полугидроморфным в 3 раза и к гидроморфным в 4. Однако, судя по таблице 3.8. с учетом погрешности измерений, разница не так уж велика. По мнению рецензента, обосновано было бы сделать вывод о небольшом уменьшении глубины проникновения в автоморфных почвах. Для всех остальных почв глубина проникновения радиоцезия одинакова.

3. Хочется обратить внимание автора на небольшое количество проб при изучении растительных ассоциаций. Иногда это 3-5 штук. Насколько правомерно разделять типы растительности и оценивать различия в накоплении ^{137}Cs при такой маленькой выборке?

4. В списке литературы 210 источников, из них только 36 (17%) иностранные. А все-таки совсем недавно была авария 2011 года на станции Фукусима-1 в иностранной литературе появилось масса новой и важной информации именно по миграции ^{137}Cs в почвах. Автор ссылается только на 2 подобные работы. На взгляд рецензента, необходимо было более подробно изучить опыт японских коллег.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Автореферат диссертации и опубликованные работы в достаточно полной мере отражают содержание диссертационной работы и раскрывают её основные положения.

Диссертационная работа Усачевой Анны Андреевны «Закономерности распределения радиоцезия глобальных выпадений в тундровых и таежных ландшафтах Западной Сибири» отвечает паспорту специальности 25.00.36 геоэкология и требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе критериям, установленным п. 9 "Положения о порядке присуждения учёных степеней". В работе решена актуальная задача - охарактеризовано латеральное и радиальное распределение ^{137}Cs в почвах и catenaх фоновых тундровых и таежных ландшафтах Западной Сибири, а ее автор, Усачева Анна Андреевна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности «25.00.36 - геоэкология».

Спасибо большое.

Юдинцев С.В.:

Как мы поступим? Диссертант сразу ответит на замечания оппонента? или сначала заслушаем отзыв второго оппонента?

Кузьменкова Н.В.:

Давайте сразу.

Юдинцев С.В.:

Давайте лучше объединим и диссертант сразу ответит на замечания обоих оппонентов.

Андреева О.А.:

Зачитывает отзыв официального оппонента Евсеева А.В. (отзыв прилагается).

Усачева А.А.:

Первое замечание, которое сделала Наталья Викторовна. Это замечание про радиоуглеродное датирование. Дело в том, что мы проводили радиоуглеродное датирование именно в этих почвах и именно в этих образцах. Ссылка на литературу, это ссылка на отчет по проекту РНФ «Эколого-геохимический микромир почвенного покрова Западной Сибири», участником которого я являюсь. Поскольку в этом проекте очень много исполнителей, а данные получены коллегами, а не непосредственно мной, то было принято решение сослаться на эти данные как на литературные, а не представлять их как часть диссертационной работы.

Второе замечание про автоморфные и гидроморфные почвы. Я считаю, что говорить об уменьшении глубины проникновения радионуклида для автоморфных почв не совсем корректно, правильнее все-таки говорить об увеличении глубины проникновения в полугидроморфных и гидроморфных почвах, поскольку высокая насыщенность этих почв влагой ускоряет процессы конвективного и диффузионного переносов, то есть способствует более активной внутрипрофильной миграции.

Замечание про растения от Натальи Викторовны. Да, действительно, Согласна с тем, что выборки по растениям невелики. Однако при таких выборках вариабельность, например для бриевых мхов – это представители родов *Dicranum* и *Politrihum*, не превышает 30%, хотя эти пробы отобраны в разных природных подзонах, а значения активности в них близки.

И наконец, четвертое замечание про Фукусиму. Действительно в литобзоре можно было подробнее рассмотреть работы по миграции ^{137}Cs в почвах Фукусимы. Однако почвы и ландшафты восточного побережья Японии с муссонным климатом все-таки существенно отличаются от Западно-Сибирских и даже восточно-европейских

аналогов, поэтому они не были рассмотрены. Тем не менее я знакома с актуальной информацией по миграции цезия-137, полученной в рамках исследований после аварии на Фукусима-1. Основные достижения в этом направлении приведены, в частности в двух процитированных работах.

Замечания от Александра Васильевича. Первое замечание про влияние Новоземельского полигона. С этим замечанием я могу согласиться лишь частично: действительно, в первую очередь речь идет именно о рассматриваемых территориях.

Существуют работы сотрудников Института геологии и минералогии СО РАН (Маликова, Сухоруков, за 2000, 2002 гг) по накоплению радиоцезия в лишайниках тундры на территории Западной Сибири, например, на Ямале где показаны достаточно высокие уровни активности цезия-137 в, превышающие фон и максимально составляющие порядка 350 Бк/кг. При этом в других статьях этих же авторов указано, что для этих же территорий средняя активность цезия-137 верхнего наиболее загрязненного почвенного горизонта достаточно низкая и на начало XXI века составляет 42 Бк/кг, а сейчас вследствие полураспада еще меньше. Что касается работ по радионуклидам в тундрах Гыданского полуострова, то таких работ нет.

Про северную тайгу Западной Сибири: по литературным данным (Страховенко, Щербов 2000 год), в лишайниках Пур-Тазовского междуречья, в конце 1990-х гг. максимальные значения активности не превышали 140-150 Бк/кг, а минимальные составляли порядка 50 Бк/кг, что является фоновой величиной с учетом вариабельности глобальных выпадений.

Со вторым замечанием согласна, в докладе это учтено и защищаемое положение №1 отражено более конкретно.

Замечанию про выделение территорий с уровнями более 100 Бк/кг. Дело в том, что для исследованных ландшафтов нет возможности выделить территории с уровнем активности более 100 Бк/кг, поскольку мозаичность глобальных выпадений очень велика и вариабельность для почв и растений на одном и том же участке может изменяться в 2-3 раза. То есть, например, если у нас в одной почве активность была 110 Бк/кг, то через 50 метров в аналогичном слое активность может составлять 50 Бк/кг.

И последнее замечание про ландшафтно-геохимические особенности. Согласна, но в тексте диссертации на странице 25 в сводной таблице по всем участкам приведен класс геохимического ландшафта по А.И. Перельману, под которым понимают класс водной миграции химических элементов.

Спасибо.

Юдинцев С.В.:

Работа Анны Андреевны в основном закончена. И начинается общая дискуссия. Кто хотел бы выступить по поводу заслушанных материалов и доклада? Борис Тимофеевич Кочкин.

Кочкин Б.Т.:

Я бы хотел поддержать работу. Однажды, давным давно, мне совершенно случайно пришлось участвовать в аналогичной работе на Южном Урале, вот, в отборе проб почвенных на Кыштымском следе. Работа физическая и мне это не понравилось. Ну, вот соискатель, значит, наоборот, так сказать проявил рвение в этой деятельности и вот представил очень интересную работу. Я и с самой работой знакомился. Но в качестве поддержки хочу обратить внимание на методологическую часть – основу работы. Были замечания о том, что не зафиксированы следы разных аварий, значит, полигонов и т.д. Соискатель специально выбирал профиль, чтобы он был максимально удален от всех очагов потенциального загрязнения. Глобальное выпадение – это то выпадение, где уже гомогенизированы все источники. Поэтому любые претензии на этот счет, они просто вот как бы несправедливы к соискателю. Вот собственно в этом моя поддержка и думаю, что Анна Андреевна заслуживает присуждения искомой степени. Прошу меня поддержать.

Юдинцев С.В.:

Спасибо, Борис Тимофеевич. Еще есть желающие выступить? Да, пожалуйста, Виктор Иоаннович.

Мальковский В.И.:

Я хочу обратить ваше внимание на то, что эта работа отличается одной очень хорошей особенностью. В отзыве ведущей организации было сказано, что новизна этой работы заключается в том, что диссертант рассматривал миграцию цезия-137 в различных породах. Это не совсем так, потому что диссертант не только в различных породах, а в различных сочетаниях этих пород. Именно поэтому диссертант очень осторожно ответил на вопросы, можно ли сразу переносить эти результаты, скажем, на таежные ландшафты Западной Сибири. Эта работа именно тем, что она вот рассматривает такой гетерогенный слой пород, она с моей точки зрения, очень хороша. Как уже предыдущий оратор сказал нельзя требовать от диссертанта того, что не входило в задачу. Но я вообще бы хотел, чтобы на будущее диссертант еще и посмотрел бы сочетания концентрации активности удельных радионуклидов не только в породах, но и в подземных водах. Я почти уверен, что где-то это проводилось, не во всех конечно пробах, но диссертант об этом скромно умолчал. А вот если это удастся, тогда можно будет определить величину коэффициента распределения радионуклида между

водой и породой, вот тогда уже можно будет моделировать распределение цезия-137 по глубине в различных условиях и вот тогда, решая обратную задачу, можно будет восстановить наверно даже тот источник или то время хотя бы, в которое произошло глобальное загрязнение. И я призываю всех поддержать эту работу. Это работа зрелая, она длилась уже давно. Автор, с моей точки зрения, проявил огромную добросовестность в своей работе и поэтому я буду сам голосовать за и к этому же призываю всех членов диссертационного совета.

Юдинцев С.В.:

Спасибо, Виктор Иоаннович. Есть еще желающие выступить с дискуссией? Я не вижу, ну я тогда несколько слов скажу в завершение. Я хочу и похвалить диссертанта за интересный доклад, очень информативный, нечасто видишь такие авторефераты, где любая графика читаема, где все цифры видны, все линии, все зависимости и индексы четко можно определить и если есть желание в этом деле попытаться разобраться. Но и хочу одновременно пожуричь, поскольку, как мы видим, основные ее работы были опубликованы в 2015 году, то есть стадия перехода из личинки в бабочку, ну то есть соискателя в кандидаты наук, заняла довольно большой период времени – 5 лет. Хотя в этом не только ее вина, поскольку мы практически 2 года не собирались для защит диссертаций из-за того что понадобилось обновление диссертационного совета. Ну и вот я хотел бы обратить внимание всех присутствующих, руководителей будущих диссертационных работ, может быть, соискателей на то, что в принципе требования опубликовать 2 статьи в журналах ВАК, нужно рассматривать, все-таки я считаю так, что публиковать нужно в хороших журналах. И вот 2 таких журнала у Анны Андреевны присутствуют – это «Геология рудных месторождений» и «Доклады академии наук». Но вот такой журнал как «Успехи современного естествознания», он уже не значится в списках ВАК, например. То есть вот в таких журналах-однодневках, которые то появляются, то убывают из списка ВАК, желательно не публиковать работы. Тем более, как вы знаете, сейчас новая методика оценки показателей публикационной результативности, где вот эти вот журналы, если очистить список ВАК, это примерно 2200 журналов ядра РИНЦ и переводных наших отечественных журналов, то там коэффициент оставшихся половины журналов списка ВАК больше тысячи, он составляет 0,12. То есть эти журналы – их никто не читает, на них никто не ссылается, зачастую это журналы, где еще берут деньги за публикацию, то есть это журналы низкого достоинства, низкого качества. Ну вот на этом я свое выступление и свои пожелания, пожалуй, заканчиваю и даю слово заключительное нашему соискателю.

Усачева А.А.:

Спасибо большое всем членам диссертационного совета, спасибо за дискуссию я учту те замечания, которые были сделаны. Выражаю глубокую признательность своему научному руководителю к.г.-м.н. Алексею Юрьевичу Мирошникову, заведующему лаборатории Сергею Владимировичу Юдинцеву, а также сотрудникам нашей лаборатории Энверу Энесовичу Асадулину, Елене Николаевне Борисенко, Виктору Иоанновичу Мальковскому, Александру Арнольдовичу Пэку, Борису Тимофеевичу Кочкину, Галине Ирэсовне Надъярных, Алексею Львовичу Керзину и Роману Соломенникову.

Также хочу выразить большую благодарность сподвижникам по полевым работам – это Иван Николаевич Семенков, к.б.н. Владимир Казанцев, Кирилл Попов. И еще хотелось бы отметить сотрудников кафедры, которую я закончила, это кафедра «Геохимии ландшафтов и географии почв» географического факультета МГУ: к.г.н. Ирине Алдаровне Горбуновой, Марии Андреевны Смирновой, также Марии Иннокентьевне Герасимовой, она одна из составителей классификации и очень сильно помогла с диагностикой почв, за помощь в проведении химико-аналитических работ большое спасибо Елене Владимировне Терской и Любови Владимировне Добрыдневой, также за помощь с растениями Татьяне Александровне Парамоновой, которая является сотрудником факультета почвоведения МГУ, Егорову Кириллу Станиславовичу за терпение, а также друзьям и семье за всестороннюю поддержку. В частности спасибо еще сотрудникам нашего института: Ольге Андреевне Андреевой, Елене Евгеньевне Амплиевой, Елене Владимировне Ковальчук и Марии Максимовне Комаровой. Спасибо.

Юдинцев С.В.:

Мы переходим к следующей стадии – избранию счетной комиссии для голосования и я предлагаю выбрать состав счетной комиссии: Аранович Леонид Яковлевич, но не потому что он сейчас убежал, а когда он вернется это будет сюрприз для него большой заодно, просто он идет первый по алфавиту; Арискина Алексея Алексеевича и Борисова Александра Александровича; председателем назначить Арановича Леонида Яковлевича. Кто за это решение, прошу проголосовать. Прошу занимать свои места и заняться своей деятельностью, раздать протоколы. Сейчас секретарь совета всю эту работу подготовит.

Далее следует заседание счетной комиссии с тайным голосованием членов диссертационного совета.

Аранович Л.Я.:

Комиссия выполнила свою работу и результаты голосования таковы:

диссертационный совет состоит из 27 человек, присутствовали на заседании членов совета – 19, роздано бюллетеней – 19, осталось не розданных бюллетеней, соответственно, 8. В урне оказалось бюллетеней: 19. Результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук Усачевой Анне Андреевне: за - 19, против – 0, недействительных бюллетеней - 0
Председатель комиссии – Аранович и члены комиссии – Арискин и Борисов. Спасибо за внимание. Можем поздравить...

Юдинцев С.В.:

Нет, сначала надо утвердить данный протокол. Кто за? Кто против? Кто воздержался? Единогласно. Теперь можем поздравить Усачеву Анну Андреевну.

Председатель

диссертационного совета Д 002.122.01

чл.-корр. РАН, д.г.-м.н.



Юдинцев Сергей Владимирович

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.122.01

к.г.-м.н.

Андреева Ольга Андреевна

15 октября 2020 г.

Доклад

Усачевой Анны Андреевны

на тему: «Закономерности распределения радиоцезия глобальных выпадений в тундровых и таежных ландшафтах Западной Сибири»

Здравствуйтесь, уважаемые члены диссертационного совета, уважаемые коллеги.

Испытания ядерного оружия в атмосфере обусловили глобальное загрязнение поверхности Земли продуктами радиоактивного распада, в том числе ^{137}Cs , который является одним из главных дозообразующих радионуклидов, образующих радиационный фон Земли.

Определенную долю также внесли и крупные аварии, такие, как Кыштымская (1957), Чернобыльская (1986) и Фукусима (2011). После начала испытаний ядерного оружия $\text{Cs}137$ был обнаружен во всех видах животных организмов и растений, что явилось следствием его включения в биологический круговорот. В связи с тем, что ^{137}Cs является долгоживущим радионуклидом (период его полураспада 30,2 лет), с течением времени при уменьшении выпадений, его количество в почве увеличивалось.

С 1950-х гг. до настоящего времени изучаются различные аспекты поведения цезия в ландшафтах. Наибольшее внимание уделялось крупным авариям на АЭС и других ЯРОО. Большинство работ безусловно посвящено аварии на Чернобыльской АЭС. В то же время в фоновых тундровых и таежных ландшафтах, занимающих более половины территории России, геохимия ^{137}Cs изучена слабо.

В связи с этим целью проведенных исследований является выявление закономерностей аккумуляции и миграции ^{137}Cs в фоновых автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных тундровых и таежных ландшафтах Западной Сибири.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- определить характер вертикального распределения ^{137}Cs в почвах под влиянием наиболее значимых ландшафтно-геохимических факторов;
- изучить параметры распределения радиоцезия в растениях зонального ряда ландшафтов тундры и тайги;
- выявить почвенно-биоклиматическую зональность миграции и аккумуляции ^{137}Cs в ландшафтах Западной Сибири;
- оценить уровни фонового загрязнения ландшафтов Западной Сибири радиоцезием.

В основу диссертационной работы положены ландшафтно-геохимические методы исследований, опирающиеся на теорию геохимических барьеров А.И. Перельмана, сравнительно-географический, также использован комплекс химико-аналитических методов и статистический анализ

Объектами исследования явились почвы и растительность сопряженных ландшафтов Западно-Сибирской равнины, которые удалены от источников загрязнения и в которые цезий-137 поступал исключительно с глобальными выпадениями.

Выбор участков определялся охватом зонального ряда ландшафтов от средней тайги до типичных тундр. Участок Тазовский представлен ландшафтами трещинно-полигональной типичной тундры на четвертичных ледниково-морских супесчано-суглинистых отложениях и расположен в западной части Гыданского полуострова. Участок Пурпе характеризует болотно-лесные ландшафты северной тайги на аллювиальных супесях. Участок Ноябрьск расположен в северотаежной подзоне фактически на границе северной и средней тайги в пределах Сибирских Увалов на флювиогляциальных песках. Участок Салым находится в средней тайге на озерно-аллювиальных суглинках, в юго-западной части Среднеобской низменности. На каждом участке было заложено от 9 до 18 разрезов, изучено 1-3 катены.

В основу диссертационной работы положены ландшафтно-геохимические методы, опирающиеся на теорию геохимических барьеров Александра Ильича Перельмана, радиоэкологические методы. Используются сравнительно-географический метод, комплекс химико-аналитических методов и статистический анализ.

Всего на основных участках заложен 51 разрез, отобрано 323 почвенные и 27 растительных проб. Во всех образцах почвы и растительности активность ^{137}Cs измерена гамма-спектрометрическим методом. Также в почвенных пробах измеряли потери массы при прокаливании, углерод органических веществ (гумус), валовые содержания углерода и азота, емкость катионного обмена, актуальную кислотность (величину $\text{pH}_{\text{водн}}$) и гранулометрический состав.

Аналитические работы проведены по стандартизованным методикам.

Кроме того, для получения данных об уровнях активности и глубины проникновения цезия-137 в почвах южной тундры и лесотундры Западной Сибири заложены два дополнительных участка. На них изучено 16 разрезов, отобрано 76 образцов почв.

Защищаемое положение 1

1. В тундровых и таежных почвах Западной Сибири на фоне наиболее распространенного поверхностно-аккумулятивного вертикального распределения ^{137}Cs

установлены два новых типа накопления – элювиально-иллювиальный и аккумулятивно-элювиально-иллювиальный, которые возникают в процессе крио- и биотурбаций и при осаждении радионуклидов на щелочно-сорбционном барьере.

Поскольку цезий-137 поступает в ландшафты, преимущественно, с атмосферными осадками и прочно-фиксируется в верхней части профиля на сорбционном и биогеохимическом барьерах, в постлитогенных почвах, традиционно отмечается поверхностно-аккумулятивное распределение ^{137}Cs . Постлитогенные почвы – это по сути минеральные почвы и в нашей работе они представлены глеевыми, криотурбированными, криометаморфическими, альфегумусовыми и органо-аккумулятивными

Активность цезия-137 во всех изученных почвах не превышает 200 Бк/кг.

Среди изученных почв постлитогенного ствола по условиям миграции выделены 2 большие группы:

- 1) почвы тундровых и северотаежных ландшафтов
- 2) почвы среднетаежных ландшафтов.

В тундровых и северотаежных ландшафтах обнаруживаются глееземы, криоземы, подзолы и подбуры. Для них характерна небольшая глубина проникновения цезия-137 в среднем 6-12 см и его приуроченность к органогенной толще. Нарушение поверхностно-аккумулятивного распределения в этих почвах, в первую очередь, связано с процессами криогенного массообмена и образованием педотурбаций, которые способствуют захоронению верхних наиболее загрязненных горизонтов.

Так, в подзоле и торфяно-подзоле в нескольких образцах погребенных органических и турбированных прослоев выявлена небольшая активность ^{137}Cs не превышающая 3,5 Бк/кг. Изученные погребенные и турбированные образцы содержат максимальное количество физической глины во всем разрезе и способны удерживать больше ^{137}Cs . Так как цезий-137 является малоподвижным в минеральных почвах элементом, то обнаружение его значимых активностей в погребенном материале, свидетельствует о том, что этот материал был погребен не ранее середины XX века. Следовательно, цезий-137 можно использовать как маркер современных почвенных турбаций.

В почвах пятен-медальонов типичной тундры, представленных криоземами, значимые активности ^{137}Cs не обнаружены, что по-видимому связано с механизмом образования пятен, а именно изливанием минеральной массы из нижних незагрязненных горизонтов. В торфяно-подбуре ^{137}Cs в небольшом количестве аккумулируется во фрагментарном надмерзлотном перегнойном горизонте на глубине 35-40 см, что

свидетельствует о возможности его накопления в надмерзлотной органической толще, выступающей в качестве механического барьера.

В почвах среднетаежной подзоны, представленных криометаморфическими, глеевыми, органо-аккумулятивными и текстурно-дифференцированными, цезий в среднем проникает на глубину 21 см, что в 2-3 раза больше, чем в тундре и сев.тайге.

Слой максимальной активности и запаса цезия-137 чаще всего не совпадают.

Под запасом цезия-137 понимают площадную характеристику радиоактивного загрязнения слоя почвы, которая измеряется в Бк/м² и рассчитывается по данной формуле при помощи удельной активности цезия, массы и площади отобранной пробы.

Так вот, несовпадение максимума активности и запаса радиоцезия связано с тем, что в отличие от почв более северных участков, в среднетаежных под торфяными и подстильно-торфяными горизонтами формируются уплотненные органо-минеральные горизонты: сергумусовые и потечно-гумусовые. Их плотность значительно больше, чем плотность торфяных и подстильно-торфяных горизонтов. Т.е. только за счет плотности небольшие активности в гумусовых горизонтах при пересчете на запасы приведут к существенным величинам запасов. Кроме того, почвы, сформировавшиеся в средней тайге, содержат больше физической глины, чем почвы северотаежных ландшафтов и способны удерживать больше ¹³⁷Cs.

Таким образом, в отличие от более северных ландшафтов, в почвах средней тайги, достаточно высокие активности цезия-137 обнаруживаются не только в органогенной толще, но и в органо-минеральном и минеральном субстрате. В гумусовых горизонтах значения активности достигают десятков Бк/кг, в минеральных - порядка 10 Бк/кг.

Большинство исследованных органогенных почв относится к торфяным олиготрофным (n=23), изредка встречаются эутрофные типы (n=2).

В отличие от минеральных постлитогенных почв, для которых характерна прочная «необменная» фиксация твердой фазой почвы, для торфяных характерна сорбция радионуклида по катионообменному типу. Также как и в постлитогенных почвах, в торфяных преобладает поверхностно-аккумулятивное распределение.

Однако оно может нарушаться вследствие более высокой миграционной способности цезия-137 при очень кислых значениях рН, а также при увеличении емкости катионного обмена.

Емкость катионного обмена – это общее количество катионов, которое может быть вытеснено из почвы, измеряется в мг-экв/100 г почвы и характеризуют поглотительную способность почвы.

Так, при увеличении рНводн более чем на 0,6 единиц в интервалах с 3,3-3,8 до 3,9-4,5, а также при возрастании ЕКО, наблюдается неравномерное распределение ^{137}Cs со вторым или единственным максимумом на глубине 30-40 см. Между активностью цезия и величиной ЕКО отмечается высокая прямая корреляционная взаимосвязь. При этом зольность торфов низкая и не превышает 5%, что говорит о практически полном отсутствии минеральной составляющей.

Соответственно, в торфяных почвах тундры и тайги Западной Сибири цезий-137 может накапливаться на радиальном, т.е. вертикальном, щелочно-сорбционном геохимическом барьере в кислом плече.

Таким образом, нахождение второго или единственного максимума цезия на некоторой глубине в минеральных почвах связано с турбационными процессами разного генезиса, а в торфяных – с его осаждением на щелочно-сорбционном барьере.

Защищаемое положение 2

Доля ^{137}Cs , накапливаемая в растительном ярусе системы «почва-растение», увеличивается от автоморфных почв к гидроморфным и от среднетаежных ландшафтов к тундровым, составляя в среднем в напочвенном покрове 30% общих запасов.

Выделяют 2 основных пути поступления ^{137}Cs в растения. Первый путь – это аэральный (первичное поступление), при котором радионуклид попадает из воздуха в результате его осаждения на наземные органы растений. Аэральное поступление ^{137}Cs является доминирующим в период интенсивных выпадений радионуклида. В дальнейшем наибольшее влияние на содержание цезия в растениях оказывает его поступление из почвы с почвенными растворами по корневой системе.

Поскольку в настоящее время для древесной растительности фоновых ландшафтов характерны минимальные уровни содержания ^{137}Cs , нами был изучен преимущественно живой напочвенный покров, представляющий собой совокупность мхов, лишайников, травянистых растений и кустарничков, произрастающих на лесопокрытых и непокрытых лесом территориях.

От средней тайги к северной в напочвенном покрове увеличивается частота обнаружения высокоактивных (более 100 Бк/кг) проб растений, что приводит к росту средних величин активности и запасов ^{137}Cs в растениях. По-видимому, это связано с особенностями вторичной миграции из почв в растения, которые определяются типом водного режима, зольностью торфяных и оторфованных горизонтов и гранулометрическим составом.

В среднем, на напочвенный покров приходится 27% от суммарных запасов ^{137}Cs в ландшафтах при очень высокой вариабельности: коэффициент вариации составляет 95%.

Так, в напочвенном покрове средней тайги в среднем сосредоточено 4 % от суммарных запасов в ландшафте, в северной тайге около 35% и в тундре – почти 40% .

В средней тайге такое распределение в первую очередь связано с тем, что здесь формируются суглинистые почвы и породы, соответственно % глинистой фракции значительно выше, чем в почвах тундры и тайги, что способствует необменной фиксации ^{137}Cs твердой фазой почвы.

В ландшафтах тундры и северной тайги, сформировавшихся на песчаных и супесчаных отложениях, доля ^{137}Cs в растительности возрастает, поскольку почвы имеют легкий гранулометрический состав, высокую гидролитическую кислотность и малую степень насыщенности основаниями, что способствует высокому содержанию ^{137}Cs в ионообменной форме, при которой радиоцезий является доступным для растений элементом.

Кроме того, в более гидроморфных условиях по сравнению с автоморфными доля запасов ^{137}Cs , приходящаяся на напочвенный покров повышена, поскольку в переувлажненных гидроморфных почвах условия для миграции радионуклида в системе почва-растение являются оптимальными.

Во всех исследованных ландшафтах средние величины активности ^{137}Cs уменьшаются от бриевых мхов (представители родов *Dicranum* и *Politrichum*) к лишайниковым (*Cladonia* и *Cetraria*), кустарничковым, осоковым и сфагновым, что, вероятно, связано с филогенетическими особенностями накопления металлов и ранее отмечалось для металлов в растениях тайги и тундры Восточно-Европейской равнины. С другой стороны, такое распределение может быть связано с тем, что многие представители мхов и лишайников относятся к калиефильным организмам, а поведение ^{137}Cs коррелирует с содержанием К.

Ряд изученных растительных сообществ тундр и тайги Западной Сибири по уменьшению средних величин запасов ^{137}Cs сходен с рядом по активности:

Защищаемое положение 3

Латеральное распределение ^{137}Cs в почвах подчиняется ландшафтной зональности в направлении от типичной тундры к северной и средней тайге и характеризуется увеличением его плотности, контрастности и глубины проникновения.

Для изучения латерального распределения цезия было заложено 8 катен.

Под катеной понимают ряд сопряженных ландшафтов от водоразделов до местных или региональных базисов эрозии, объединенных однонаправленными латеральными связями.

Латеральное распределение ^{137}Cs оценивали с помощью коэффициента латеральной миграции, L – отношения запаса в подчиненном ландшафте к запасу в автономном.

Контрастность латерального распределения ^{137}Cs в почве и ландшафтах оценивали с помощью отношения максимального коэффициента латеральной миграции (L) к минимальному внутри одной катены, также учитывалась вариабельность запасов по катене. Численные критерии, использованные для разделения катен, представлены в таблице.

На слайде приведены 3 катены: слабоконтрастная в тундре, запасы в которой не очень отличаются по катене, контрастная в северной тайге и сильноконтрастная в средней тайге, где мы уже видим существенные различия в накоплении радиоцезия даже на таком коротком расстоянии, как 300 метров. Причем максимум запасов может находиться как в автономных и транзитных позициях, так и в подчиненных.

Таким образом контрастность латерального распределения возрастает от тундровых к таежным участкам, что объясняется большей расчлененностью рельефа и большим разнообразием почв и их свойств на более южных участках, а также существованием латерального биогеохимического барьера для ^{137}Cs в краевых частях болот и в почвах подчиненных ландшафтов таежных катен.

В изученных болотных почвах Западной Сибири глубина обнаружения основных количеств цезия увеличивается с севера на юг в 5 раз, а средние запасы увеличиваются почти в 7 раз, Сходная, однако менее контрастная, картина отмечается для зональных почв и ландшафтов.

В многочисленных работах показана прямая взаимосвязь между годовой суммой осадков и интенсивностью глобальных выпадений ^{137}Cs при подчиненной роли широтной зональности. В Западной Сибири на региональном уровне распределение ^{137}Cs в первую очередь связано с годовым количеством осадков, которое увеличивается от северных широт к более южным. Кроме того, существенное влияние оказывает водный режим почв, изменяясь от мерзлотного водозастойного в типичных тундрах до промывного в средней тайге. Определенную роль играет и продолжительность безморозного периода, поскольку процессы минерализации и гумификации растительных остатков протекают только при положительных температурах и способствуют накоплению и проникновению ^{137}Cs непосредственно в почву.

Таким образом, в направлении с севера на юг от 70 до 60 градуса с.ш. увеличивается как контрастность распределения ^{137}Cs внутри катен, так и глубина проникновения радионуклида и его запасы в почвах

Защищаемое положение 4.

Современный уровень загрязнения радиоцезием ландшафтов Западной Сибири, обусловленный глобальными выпадениями, является низким и составляет в среднем 0,4 кБк/м² в тундре, 0,8 кБк/м² в северной тайге и 2,1 кБк/м² в средней тайге, что не превышает 6% от предельно допустимой нормы.

Также как и в фоновых ландшафтах Восточно-Европейской равнины, Урала и Восточной Сибири, в Западной Сибири в ряду ландшафтов от типичной тундры к средней тайге, которые на графике показаны столбцами зеленого цвета, суммарные запасы или плотность загрязнения ¹³⁷Cs, увеличивается в среднем в 5 раз от 400 до 2100 Бк/м², что также согласуется с литературными данными по другим регионам.

Для почв и растений отсутствуют нормативы по величине активности ¹³⁷Cs, а есть только допустимые величины по плотности загрязнения почвы. Участок земной поверхности является радиоактивно загрязненным, если плотность загрязнения ¹³⁷Cs превышает 37 кБк/м².

Таким образом, все исследованные ландшафты являются незагрязненными: средние величины запасов ¹³⁷Cs не превышают 6 % от норматива, а максимальные – 15%. С течением времени активность и запасы ¹³⁷Cs в почвах и растительности будут снижаться в связи с естественным распадом радионуклида и его незначительным поступлением из атмосферы.

В заключение можно сказать, что в ряду исследованных ландшафтов от типичной тундры Гыданского п-ова через центральную часть Западной Сибири к тайге Среднеобской низменности плотность загрязнения ¹³⁷Cs увеличиваются в 5 раз, но эти величины не являются опасными для человека.

15.10.2020

