

### **Отзыв официального оппонента**

на диссертацию Пастухова Александра Валериевича на тему «Генезис и современное состояние почвенно-геокриологического комплекса бугристых болот европейского северо-востока России», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.13 – Почвоведение.

На современном этапе эволюции тундровых и таежных экосистем криолитозоны мерзлотные полигональные и бугристые болота занимают 5,3 и 14,6 % соответственно среди всех болот России и аккумулируют огромное количество связанного углерода. Считается, что субарктические болота чрезвычайно уязвимы к климатическому потеплению и поэтому они могут превратиться из резервуара-поглотителя углерода в его источник посредством эмиссии в атмосферу парниковых газов  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ . Несмотря на наличие в настоящее время большого количества сведений о составе и свойствах бугристых болот, теоретические аспекты проблем их формирования остаются дискуссионными.

В связи с этим целью представленной диссертационной работы являлось выявление основных свойств и закономерностей развития почвенно-геокриологического комплекса бугристых болот (ПГК ББ) европейского северо-востока России, а также оценка устойчивости органического вещества торфяных залежей к разложению в связи с прогнозируемыми изменениями климата. В соответствии с основной целью данной работы сформулированы задачи исследований и определены положения, выносимые на защиту. Поставленные в диссертации задачи последовательно решались автором путем применения комплексного методологического подхода к анализу генезиса и современного состояния ПГК ББ на разных уровнях их организации (от почвенного покрова до молекулярно-атомарного) с применением различных современных методов (ботанических, почвенных, химических, радиоуглеродных датировок, математического моделирования) исследований. При этом значительная часть аналитических работ была выполнена не только в аттестованных российских, но и престижных зарубежных лабораториях (в Германии и США).

Диссертация изложена на 319 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 10 глав, заключения, списка литературы, включающего 453 наименования (в том числе 244 на иностранных языках) и четыре приложения, также содержит 59 рисунков и 33 таблицы.

В данной диссертации впервые охарактеризовано внутрипрофильное и площадное распределение С в различных типах (подтипах) почв в тундре и лесотундре европейского северо-востока России, показано что бугристые болота, занимающие 17,6 % площади исследуемого региона аккумулируют 45,7 % общих запасов почвенного углерода. Рассчитано по умеренному (E GISS) и экстремально высокому (HadCM) климатическим сценариям изменения запасов почвенного углерода на исследуемой территории в

зависимости от факторов окружающей среды. Помимо ботанических установлены химические маркеры, выявляющие этапы формирования бугристых болот и четко идентифицирующие зоны акротелма и катотелма. Раскрыты особенности современного состояния бугристых болот исследуемого региона и их генезиса в голоцене, доказано, что 64-78 % исторического времени органическое вещество торфов данных болот находилось в незамерзшем и незаконсервированном, но защищенном от минерализации состоянии в анаэробных условиях торфяной залежи. Также разработаны три практико-ориентированные математические модели для долгосрочного прогноза изменения запасов углерода до 2050 г. при различных климатических сценариях развития изучаемой территории. В исследуемом регионе также построена цифровая карта запасов почвенного органического углерода площадью 18132, 55 км<sup>2</sup> с разрешением 100 м в 1 пикселе. Также полученные результаты рекомендованы предприятиям нефте-, газо- и угледобывающего комплекса, строительства, жилищно-коммунального и дорожного хозяйства в Республике Коми и Ненецком АО при оценке состояния окружающей среды на территориях их хозяйственной деятельности.

Согласно вышесказанному актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость представленной диссертационной работы по нашему мнению не вызывают сомнения. Диссертация соответствует требованиям, установленным пп. 9–11, 13, 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Выводы представленной диссертации логично следуют из ее содержания, их убедительность и достоверность подтверждается большим объемом проанализированного материала (всего по всем ключевым участкам описано 479 почвенных разрезов), применением комплекса современных точных количественных методов аналитических работ, вариационно-статистической обработкой полученных результатов, применением методов математического моделирования, сопоставлением полученных данных с таковыми, опубликованными в работах отечественных и зарубежных исследователей.

В частности автор констатирует, что комплексы бугристых болот на европейском северо-востоке России могут занимать от 2,6 до 17,6 % территории при вариабельности данных показателей от 20 до 50 %. Детальный анализ состояния ПК ББ позволил идентифицировать в его составе три слоя: первый сезонно-талый слой (СТС) примерно соответствует зоне акротелма, где окислительно-восстановительные условия способствуют минерализации торфа лишь в верхней (0-20 см) части, второй и третий слои – это многолетнемерзлые породы (ММП) или зона катотелма, где органическое вещество (ОВ) полностью законсервировано от дальнейшего разложения.

Помимо ботанических, определен ряд химических маркеров (соотношения Н-алканов, содержание ПАУ – полициклических ароматических углеводородов, изотопный состав С и N), отражающих динамику климата в голоцене и характер ОВ торфа, которое оставалось устойчивым к разложению на протяжении всего этого периода, так как

сохранялись анаэробные условия вследствие избыточного увлажнения. В аэробных условиях общее количество минерализованного С варьировало от 0,3 до 2 % в ММП и от 0,4 до 1,1 % в СТС. Это свидетельствует об устойчивости ОВ в ММП к минерализации даже при оттаивании.

Средние запасы почвенного С составляют  $32,6 \pm 12,1$  кг/м<sup>2</sup> для минеральных почв (на 1 м слоя), а средние запасы такового для залежей бугристых болот (на всю мощность органогенных горизонтов до 4,5 м) –  $101,6 \pm 42,5$  кг/м<sup>2</sup>. Как уже указывалось, бугристые болота занимают 17,6 % территории бассейна среднего течения р. Уса и содержат более 45,7 % запасов почвенного С. Пространственно-прогнозное моделирование показало, что согласно умеренному прогнозному сценарию E GISS, запасы С к 2050 г. снизятся на 3,0-3,5 % по двум построенным моделям.

Выявлено, что наиболее важным фактором торфонакопления, ингибирующим разложение ОВ, является наличие анаэробных условий, а не многолетней мерзлоты. Согласно наблюдениям автора с 2010 г. параллельно с процессами термоэрозии в бугристых болотах исследуемой территории происходит медленное торфонакопление. Полученные результаты свидетельствуют о том, что торфяные залежи бугристых болот северо-востока европейской части России в природных ненарушенных условиях будут сохраняться, несмотря на происходящее изменение климата.

Представленная диссертационная работа достаточно апробирована на научных конференциях различного уровня, заседаниях Института почвоведения Университета Гамбурга, заседаниях ученых советов Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства ТГУ. По материалам данной диссертации опубликовано 36 научных работ, в том числе 35 статей в изданиях, входящих в соответствующий перечень ВАК РФ, из них 17 – в журналах, включенных в базы данных Web of Science и Scopus.

Вместе с этим при просмотре данной работы у нас возникли отдельные вопросы, замечания и пожелания.

1. При построении прогнозных моделей автор диссертации концептуально исходит из глобального потепления, приводящего к деградации ММП (с. 21). Но существуют и другие прогнозные сценарии изменения климата. Так, якутские ученые-мерзловеды (Шендер и др., 1996; Балабаев, Шепелев, 2001) отмечают, что согласно расчетной температурной кривой для г. Якутска отмечается период потепления до 2020 г., когда средняя  $t$  воздуха, начиная с 1990 г будет выше средней многолетней на  $1,7^{\circ}\text{C}$ , и период похолодания, приходящийся на 2040-2060 гг. по средней  $t$  почти на  $0,5^{\circ}\text{C}$  ниже таковой периода похолодания, отмеченного в 50-70 гг. прошедшего столетия. Знаком ли автор с этими работами и что он думает по этому поводу?

2. Зачем среди физико-химических показателей исследуемых почв плоскобугристых комплексов (табл. 3.4, С. 64), которые формируются в гумидных условиях увлажнения (табл. 21, С. 33) и являются кислыми,

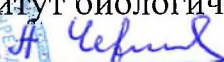
определять содержание обменного  $\text{Na}^+$ , заведомо полагая, что данные почвы не засолены и несолонцеватые?

3. По нашему мнению в таблице 7.1 (С. 199) лучше было приводить не средние запасы С ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ), а средневзвешенные с учетом площади, занимаемой исследуемыми группами (типами) почв изучаемых ключевых участков.

4. Прогноз изменения средних запасов С, рассчитанный по умеренному климатическому сценарию (табл. 10.1, С. 234) составляет – 1,03-1,27  $\text{кг}/\text{м}^2$  или 2,8-3,5 %, а по экстремально высокому климатическому сценарию – 27,8-30,9  $\text{кг}/\text{м}^2$  или 76,2-84,4 % (табл. 10.2, С. 236) соответственно, что различается более чем в 25 раз. Что это несовершенство принципов моделирования или неудачно выбранный алгоритм модели?

5. Целиком полагая, что оформление рукописи данной диссертации является авторской прерогативой, мы все же считаем, что количество глав в данной работе могло быть уменьшено за счет объединения глав №№ 6-10, которые по сути представляют разделы рукописи объемом 8-15 страниц компьютерного текста.

По нашему мнению автор представленной диссертационной работы заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.02.13 – Почвоведение.

Официальный оппонент, доктор  
биологических наук (03.02.13 – Почвоведение),  
главный научный сотрудник лаборатории  
генезиса и экологии почвенно-растительного покрова  
Федерального государственного бюджетного учреждения  
науки Институт биологических проблем криолитозоны  
СО РАН  Чевычелов Александр Павлович

677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41  
ИБПК СО РАН  
т. 8(4112)33-68-90  
E-mail: [chev.soil@list.ru](mailto:chev.soil@list.ru), [bio@ibpc.yzn.ru](mailto:bio@ibpc.yzn.ru)  
<http://ibpc.yzn.ru>  
28.08.2018 г.

*Подпись Чевычелова Александра Павловича  
завершено.*

*и.о. спец. по кадрам*



*Винокурова*