

ОТЗЫВ официального оппонента

о диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук **Королевой Екатерины Сергеевны** на тему:
«Развитие многолетнемерзлых полигональных торфяников под воздействием изменений природных условий Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири»
по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Диссертационная работа Е.С. Королевой отражает результаты криолитологического изучения полигональных торфяников Пур-Тазовского междуречья на севере Западной Сибири. В качестве **основной цели** исследования заявлено установление особенностей строения, свойств и микрорельефа полигональных торфяников в связи с изменениями природных условий. Последние при этом могут меняться как естественным путем, в связи с общеклиматическими трендами, так и искусственно, в связи с хозяйственной деятельностью человека. Такой подход отражает **актуальность** изучения реакции торфяников, с одной стороны, на современные климатические изменения (выраженные в повышении температуры верхних горизонтов криолитозоны, увеличении глубины сезонного протаивания, активизации экзогенных геологических процессов), а с другой стороны – в результате изменения гидрологических условий торфяников при строительстве протяженных линейных сооружений. Многие закономерности, отмеченные автором, будут справедливы и для не полигональных торфяников, поэтому актуальность исследования в условиях меняющихся природных условий осваиваемой части Западной Сибири не вызывает сомнений.

Работа содержит 136 страниц, 57 рисунков, 12 таблиц (из которых две выделены в Приложение). Ее содержание состоит из списка сокращений и понятий, введения, 3 глав, заключения, списка литературы из 105 наименований. Автор лично принимал участие в 4 экспедициях, описывал

разрезы, определял свойства отложений. Основные результаты диссертации опубликованы в 4 статьях в журналах из списка ВАК, сделаны доклады на 5 конференциях, результаты также обнародованы в сборниках всероссийских и международных конференций.

Несмотря на то, что диссертация Е.С. Королевой является ярким региональным геологическим исследованием, что некоторым образом предопределяет последовательность изложения материала, автор пошел иным путем, предложив свою оригинальную структуру содержания. Рассмотрим ее.

Работа начинается небольшим **разделом «Список сокращений и понятий»**, в принципе очень полезным. В нем приведено понимание автором основных понятий, используемых в работе. При этом подраздел «Единицы измерения» в нем совершенно не нужен, т.к. содержит объяснение общепринятых сокращений (например, м – метр; км - километр), а расшифровки различных сокращений радиоуглеродного возраста к единицам измерения не относятся. Несмотря на то, что общепринятые в геокриологии понятия термины и понятия приводятся в трактовках из совершенно разных работ (от учебников до диссертаций), в целом становится понятно, что автор подразумевал под ними в дальнейшем.

Раздел **«Введение»** (стр. 6-10) содержит обоснование актуальности исследования, обозначение объекта и предмета исследования, сформулированы цель исследования и задачи, коих получилось четыре. «Научная задача» по смыслу является формулировкой «Научной проблемы», в рамках которой автор пытается достичь поставленной цели. Формулировка «Гипотезы» представляется излишней. Далее приводятся 3 защищаемых положения, столько же пунктов научной новизны, приводится информация об источниках фактического материала, личном вкладе автора, обоснованности достоверности полученных данных, апробации результатов, благодарности. Теоретическая и практическая значимость работы видится автором в развитии представлений о некоей буферной зоне, в которую входят переходный и промежуточный слои, формировании новых научных представлений о

возникновении органической разновидности пятен-медальонов, возможности использовать эти данные для прогноза изменения строения полигональных торфяников при их хозяйственном освоении и для модификации учебных курсов для студентов ВУЗов. В целом раздел содержит всю необходимую информацию о работе.

Глава 1 «Многолетнемерзлые торфяники Западной Сибири» содержит 4 раздела.

В первом разделе «Геолого-геоморфологическая приуроченность, мощность и типизация торфяников» приводится общая характеристика торфяников Западной Сибири, рассматривается их распространение, мощность, происхождение. Использование опубликованных материалов по геокриологическим условиям севера Западной Сибири позволило сделать автору вывод о значительной доли торфяников, находящихся в мерзлом состоянии, что подтверждает актуальность их исследования. Также рассматривается несколько классификаций торфяников, в которых выделены полигональные торфяники. В конце упоминается, что вопрос криогенного генезиса торфяников до настоящего времени остается сложным для решения, т.к. яркие криогенные признаки эпи- или синкриогенного промерзания не всегда присутствуют в торфяниках. К сожалению, в этом разделе нет никакой информации о геолого-геоморфологической приуроченности торфяников.

Второй раздел «История исследований торфяников» освещает историю изучения торфяников в Западной Сибири. Рассказ о ней тесно переплетается с геологической историей формирования самих торфяников на протяжении голоцена, что не всегда удобно, но в целом понятно.

Третий раздел «Переходный и промежуточные слои верхней части многолетнемерзлых пород» рассматривает сущность этих понятий. Сначала они обсуждаются на примере преимущественно минеральных отложений, даются определения. Несмотря на то, что определение переходного слоя противоречиво и в целом оппонент с ним не согласен, оно принято автором в его работе. Именно здесь относительно обоснованно говорится, что

криогенные признаки переходного и промежуточного слоев для минеральных отложений описаны, а для торфяников – почти нет, и по сути обосновывается основная научная проблема, рассматриваемая в работе. К сожалению, этот важнейший раздел фактически не иллюстрирован.

Четвертый раздел «Минеральные и органические пятна-медальоны в полигональных системах». В разделе приводятся общие сведения о пятнах-медальонах – втором основном объекте исследований автора. Рассматриваются механизмы их образования, связь с криотурбациями, сведения о существовании таких форм на органогенных отложениях. Приводится несколько механизмов возможного образования пятен-медальонов на торфяных отложениях, предложенных разными авторами, но общий вывод свидетельствует о позиции автора, что общепринятого механизма в целом так и нет. Особенностью раздела является то, что понятия «минеральные пятна-медальоны» и «органические пятна-медальоны» используются в нем как уже устоявшиеся, хотя оппоненту они из литературы неизвестны и не являются устоявшимися. В разделе «Список сокращений и понятий» приведенные определения различаются на качественном уровне (минеральные пятна-медальоны – это формы рельефа, а органические – скопления органической массы), в работе самого автора (Королева и др., 2019) употреблено понятие «органогенные пятна-медальоны». Сам автор упоминает существование понятия «торфяные пятна», но не объясняет, чем оно неудовлетворительно. Таким образом, понимание терминов, по-видимому, не сложилось однозначно пока даже у самого автора, в результате чего было бы целесообразно рассмотреть его в этом разделе подробнее.

Глава 2 «Переходный и промежуточные слои в торфяниках Пур-Тазовского междуречья и их реакция на изменения природных условий» содержит 5 разделов. Эта глава содержит основной фактический материал, полученный автором в ходе полевых работ и лабораторных исследований образцов. В **первых двух разделах** рассматриваются геокриологические условия Пур-Тазовского междуречья и методы исследования торфяников,

включая определение свойств торфа, которые использовались автором. В геокриологические условия входит краткое описание геоморфологических условий, состава четвертичных отложений, типов криогенеза отложений и собственно геокриологических условий, однако они крайне обобщенные. Впервые в работе приводится характеристика климатических условий, дополненная данными измерений некоторых параметров за последние 5 лет. Приведены также данные измерений мощности сезонно-талого слоя (СТС), полученные на некоторых участках полигональных торфяников. В целом делается вывод о том, что за период измерений с 2016 по 2020 г. глубина СТС изменялась в пределах 10-15 см, а в сравнении с 60-70-ми годами прошлого столетия она увеличилась на 15-20 см. В данной части главы 2 крайне не хватает нормальной обзорной карты территории, о которой идет речь, т.к. рис. 7 почти не содержит географической информации.

Раздел 2.3 этой главы «Криолитологическое строение торфяников ключевых участков Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири» содержит основной полевой материал автора, на котором основаны многие последующие выводы. Всего на исследованной территории выделены 4 ключевых участка, однако более-менее описанными являются 9 разрезов на участке 1 и 1 разрез на участке 2. Для разрезов приведены описание состава отложений, их криогенное строение (включая описание ледяных жил, если они вскрыты), результаты изучения спорово-пыльцевых спектров, радиоуглеродного датирования, определения влажности и плотности. Приведенные описания достаточно подробны, исчерпывающи и понятны. Несмотря на то, что не для всех разрезов приведены сведения по их криогенному строению и оформлены они в разном стиле, есть ошибки в условных обозначениях, эти разрезы представляют основной фактический материал, полученный автором, и весьма интересны. По каждому из разрезов сделан довольно подробный анализ полученных результатов и обосновано время формирования торфяников, их приуроченность к относительно теплым или холодным фазам голоцена, показано соотношение накопления торфа и роста ледяных жил, сделаны

определенные палеогеографические и палеомерзлотные выводы. В целом, несмотря на вышеупомянутые замечания к разрезам, фактический материал весьма представительен и позволяет обосновать последующие заключения автора.

Раздел 2.4 «Типы льдов в полигональных торфяниках» является своеобразным дополнением к предыдущему разделу и содержит петрографическое описание нескольких образцов льда, отобранных из торфяников. Всего автор выделяет несколько типов льда, встречающихся в полигональных торфяниках: повторно-жильный лед (ПЖЛ), термокарстово-полостной лед (по терминологии, принятой в исследовательской группе Института криосферы Земли), сегрегационный и инфильтрационно-сегрегационный типы льда. В том или ином виде они представлены на многих разрезах, охарактеризованы их форма и размеры, а в разделе 2.4 приведено кристаллическое строение. Раздел хорошо оформлен и проиллюстрирован. В качестве замечания можно отметить, что если с повторно-жильным и термокарстово-полостным типами льда проблем при интерпретации не возникает, то по каким признакам разделены сегрегационный и сегрегационно-инфильтрационный льды остается неясно.

Раздел 2.5 «Признаки и образование переходного и промежуточных слоев в полигональных торфяниках Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири под воздействием изменения природных условий» является одним из ключевых в диссертации. Если согласится с авторским пониманием переходного слоя, то для торфяников критериями его выделения, по мнению автора, являются либо результаты мониторинга (по-видимому, мощности СТС) за период не менее 5 лет (подозрительно совпадающий с периодом мониторинга, проводившегося автором), либо по цвету торфа. Для промежуточных слоев, которых в разрезах выделено один или два, признаками являются повышенная льдистость за счет различных типов льда (сегрегационных, инфильтрационно-сегрегационных, термокарстово-полостных и ростков ПЖЛ) и наличие криотурбаций. Характеристики свойств

отложений, приведенные в таблицах (влажность, плотность, прочностные характеристики, содержание газов), по-видимому, не могут служить такими признаками для выделения промежуточного слоя, т.к. автор про это не говорит. Вероятно, они могут дополнительно косвенно свидетельствовать о возможности или невозможности отнесения отложений к промежуточному слою. На основании датировок автором сделана оценка возраста двух выделенных им промежуточных слоев, отнесенных к 4.8-3.8 и 1.4-1.2 тыс. л.н. Данный раздел отражает одно из основных научных достижений автора – выделение и датирование промежуточных слоев в торфяниках, которое в дальнейшем может дополняться материалами по другим торфяникам и сопоставляться с промежуточными слоями в минеральных отложениях. Автором также приводится концептуальная схема формирования промежуточных слоев (рис. 37), которая была бы замечательна, если бы была нарисована более понятно и с объяснениями стадий А-Д. Выводы по главе 2 в целом подтверждаются приведенными материалами, но могли бы быть сформулированы четче.

В качестве промежуточного обобщения можно отметить, что структура первой и второй глав неудачна. Вместо того, чтобы охарактеризовать природные условия района исследований по давно отработанной общепринятой схеме (географическое описание, климат, геолого-геоморфологические условия, геокриологические условия), сначала для региона, а потом для Пур-Тазовского междуречья, автор пошел нетрадиционным путем. Геокриологические, геолого-геоморфологические, климатические и ландшафтные данные в двух упомянутых главах перемешаны и не всегда достаточны, что создает определенные трудности для понимания материала. Тем не менее, если разобраться, материалы автора вполне подтверждают сделанные им выводы относительно признаков выделения промежуточных слоев (по крайней мере, по их подошве) и вероятных временных интервалов, с которыми связано их образование.

Глава 3. «Органические пятна-медальоны – элемент строения полигональных торфяников Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири». В третьей главе отдельно рассматривается геологическое проявление процессов криотурбирования торфа в СТС, проявляющееся в образовании специфических пятен-медальонов, названных автором органическими.

В **разделе 3.1** «Морфология и распространение органических пятен-медальонов» подробно рассматривается распространение и геоморфологическая приуроченность органических пятен-медальонов (ОПМ), приведена морфологическая классификация, предложенная, по-видимому, автором.

В **разделе 3.2** «Строение и свойства органических пятен-медальонов в разрезах» приведено детальное описание состава и строения нескольких ОПМ, проиллюстрированное прекрасными разрезами. Показана взаимосвязь между строением ОПМ в разрезе в виде серии криотурбаций и стадией развития ОПМ (первичное ОПМ, повторно излившееся, слившиеся ОПМ). Для приведенных разрезов выделены переходный и промежуточный слои, находящиеся в протаявшем виде, хотя на основании чего это сделано – неясно. В этом же разделе приведены результаты определения некоторых свойств торфяной массы, формирующей криотурбации – плотности, влажности, угла внутреннего трения. Помимо того, что эти данные интересны сами по себе, они позволили автору сделать еще один важный вывод: «Основываясь на полученных данных высокой плотности скелета грунта и испытаниях на сдвиг, по которым торф имеет невысокие значения сцепления и угла внутреннего трения, можно говорить о том, что торф слоя 3 одновременно плотный и вязкопластичный обеспечивает благоприятные условия для разрыва слоя 3 даже при небольшом увеличении давления».

В **разделе 3.3** «Феноменологическая модель образования органических пятен-медальонов» рассматривается и выдвигается новая гипотеза формирования органических пятен-медальонов. Раздел начинается с предложения: «Излияние органической массы пятен-медальонов на ключевых участках

южной тундры и лесотундры, как будет показано ниже, по косвенным и прямым признакам не связано с процессом промерзания», что весьма интригующе, но в научных работах обычно принято делать наоборот – сначала обосновывать, а потом утверждать. Тем не менее, в разделе обосновывается невозможность, с точки зрения автора, образования ОПМ в процессе промерзания СТС по механизму, принятому для формирования пятен-медальонов. Автор предлагает другое объяснение, обосновывая его полевыми наблюдениями и результатами проведенных определений свойств торфа. Выдвинута гипотеза об образовании ОПМ в результате прорыва газо-водяной смеси на поверхность, обусловленного ростом давления в относительно замкнутой структуре ОПМ в связи с разложением торфа и выделением газов. Гипотеза, безусловно, интересная, подкреплена наблюдениями за временем образования ОПМ, возможный механизм их образования достаточно подробно описан. Не очень понятна связь между увеличением мощности переходного слоя, частичным или полным протаиванием промежуточного слоя и повышенным газовыделением (это требует более длительных наблюдений и конкретных полевых измерений), но на данном этапе такое объяснение вполне приемлемо и может служить основанием для дальнейших исследований.

В разделе 3.4 «Влияние органических пятен-медальонов на рельеф полигональных торфяников и экологические последствия» описывается возможное и наблюдавшееся автором влияние формирования ОПМ на рельеф поверхности полигональных торфяников, характер их растительности, преобразование ОПМ в ходе неоднократного излияния. В целом в главе 3 приводятся интереснейшие данные о строении и развитии ОПМ, выдвинута новая научная гипотеза для объяснения их происхождения, сделан вполне разумный прогноз развития ОПМ и их практической значимости. С точки зрения оппонента, глава 3 – самая интересная и научно написанная.

В Заключении коротко и довольно четко сформулированы основные выводы по работе, которые отражают полученные результаты и служат обоснованием

для выдвинутых защищаемых положений. Список литературы оформлен без должного внимания.

Защищаемых положений 3 (приведены во Введении):

1) В полигональных торфяниках в переходном слое формируется большая плотность скелета торфа по сравнению с промежуточным слоем вследствие процессов промерзания-протаивания и сегрегационного льдовыделения. В промежуточных слоях торфяников развиты криотурбации и сформирована неравномерно повышенная льдистость за счет неровной кровли многолетнемерзлых пород. Эти параметры переходного и промежуточного слоев образуют вертикальную и горизонтальную неоднородности физических свойств и строения торфа в массиве.

2) Органические пятна-медальоны, развивающиеся в полигональных торфяниках Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири, формируются в теплые периоды при увеличении глубины протаивания сезонно-талого слоя, роста давления в замкнутой полости между кровлей мерзлых пород и талым торфом и последующего прорыва органической разжиженной массы на поверхность.

3) Ведущим процессом образования органических пятен-медальонов в торфяниках является оттаивание переходного и промежуточного слоев в верхней части разреза мерзлых грунтов.

В таком виде они имеют право на жизнь, хотя в первом положении было бы правильнее четко отразить критерии отличия и способы идентификации в разрезах торфяников границ переходного и промежуточного слоев, а третье положение по сути является окончанием второго защищаемого положения.

В целом представленная на защиту кандидатская диссертация посвящена актуальной теме реакции природной среды в пределах криолитозоны на климатические изменения, содержит новый фактический материал и новую научную гипотезу механизма развития так называемых органических пятен-медальонов.

Несмотря на некоторую внутреннюю не связанность и приведенные выше замечания по тексту, диссертация «Развитие полигональных торфяников под воздействием изменений природных условий Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации. Выполнены все требования п.п. 9-14 Положения ВАК РФ «О порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертации Екатерина Сергеевна Королева заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Ведущий научный сотрудник
Института мерзлотоведения
им. П.И. Мельникова СО РАН,
кандидат геол.-мин. наук



28.04.2022

Тумской
Владимир Евгеньевич

Контактные данные:

тел.: 7(916)8437726, e-mail: vtumskoy@gmail.com

Адрес места работы:

677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36,

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,

лаборатория общей геоэкологии

Тел.: +7(4112)334476; e-mail: mpi@ysn.ru

Подпись В.Е. Тумского,

в.н.с. Института мерзлотоведения

им. П.И. Мельникова СО РАН, удостоверяю:

