

ОТЗЫВ официального оппонента,
кандидата географических наук Санникова Павла Юрьевича,
на диссертацию Фахретдинова Артура Венеровича «Геоинформационный анализ
изменений мерзлотных ландшафтов южной криолитозоны Западной Сибири»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по
специальности 1.6.21. «Геоэкология»

Диссертационное исследование А.В. Фахретдинова посвящено оценке устойчивости мёрзлых торфяников в пределах островной и прерывистой зон распространения многолетнемёрзлых пород Западной Сибири под воздействием техногенных факторов и современных климатических трансформаций.

Наблюдаемые глобальные изменения климата оказывают наиболее выраженный эффект в экосистемах арктических и субарктических регионов. Зафиксированные скорости изменения температур и осадков здесь наиболее высоки.

Признанным является большая роль торфяников в депонировании углерода. При этом установлено, что таяние мёрзлых торфяников приводит к значимому увеличению выбросов парниковых газов. Таким образом, научная проблема устойчивости многолетнемёрзлых пород на южной границе их распространения важна для изучения текущих климатических изменений, в том числе на глобальном уровне.

Параллельно, с глобальными климатическими трансформациями в Западной Сибири происходит активное промысловое (в связи с добычей нефти и газа) освоение региона. Экстенсивное развитие такого типа природопользования вызывает масштабные нарушения экосистемного покрова, которые в ряде случаев имеют долговременный и труднообратимый характер. Очень важной и непростой задачей представляется количественная оценка вкладов техногенного и климатического факторов в наблюдаемую динамику многолетнемёрзлых пород.

Всё это, наряду со значительной ролью изучаемого региона в экономике страны, важностью вопросов обеспечения техносферной безопасности при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, а также необходимостью сохранения традиционного природопользования коренных и малочисленных народов Севера, обосновывает высокую **актуальность** диссертационного исследования.

Научная новизна исследования заключается в следующем. Автором определен «спектральный портрет» мёрзлых торфяников, отличающий их от других типов болотных комплексов. На этой основе проведено их картирование и оценка распространения в пределах изучаемой территории. Описана взаимосвязь между изменениями геокриологических показателей (глубина сезонного протаивания, температура многолетнемёрзлых пород), температурного режима поверхности мёрзлых торфяников (LST) и изменениями растительного покрова, выраженных в спектральных индексах ($NDVI_{max}$, $TI-NDVI$, LAI_{max}). Впервые для южной криолитозоны Западной Сибири, на основе анализа данных дистанционного зондирования, определены климатические маркеры геокриологических границ. При помощи анализа индексов состояния/нарушенности растительного покрова (DI , $NDVI$, $SWVI$) установлены скорости и направления восстановительных процессов фитоценозов при антропогенных нарушениях различного типа. Составлен прогноз динамики геокриологических параметров до 2050 г. и растительного покрова в зоне островного распространения многолетнемёрзлых пород до 2033 г.

Обоснованность и достоверность выводов исследования подтверждаются несколькими обстоятельствами. Работа основана на внушительном объеме материала, включающем данные полевых работ на протяжении 7 лет, более 2 тысяч обработанных и прошедших этап коррекции спутниковых снимков (для достоверной интерпретации которых автор, в том числе, использовал полевое дешифрирование), более 3 тысяч количественных значений климатических и 200 геоэкологических характеристик. При обработке материала А.В. Фахретдинов использовал методы пространственного анализа и статистической обработки данных, которые полноценно описаны в Главе 2. Выбор комплекса методов исследования не вызывает сомнений. Полученные выводы логично вытекают из материалов исследования, не содержат значимых внутренних противоречий. О достоверности результатов также свидетельствует значительное число (233) научных источников, использованных в исследовании. В ходе сравнения собственных результатов с данными соответствующих работ других авторов получены очень близкие качественные и количественные выводы.

Личный вклад автора состоит в постановке научной проблемы, определении цели и задач исследования, проведении полевых работ на протяжении 7 сезонов (2018-2024 гг.), сборе и обработке большого массива данных спутниковой съемки, продуктов её преобразования, климатических и геоэкологических данных, подготовке картографического материала, формулировании выводов. Таким образом, Артур Венерович принимал непосредственное участие во всех этапах исследовательского цикла.

Апробация исследования проведена должным образом. Соискателем по теме диссертации опубликовано 6 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 3 включены в базы Web of Science и Scopus. На 6 Всероссийских научных конференциях и форумах 2022-2024 гг. состоялось обсуждение докладов А.В. Фахретдинова. Кроме того, материалы исследования использованы при выполнении государственного задания Минобрнауки РФ № FWRZ-2021-0006 и гранта РНФ 23-27-00366.

Структура работы представляется логичной, она построена по классической схеме, включающей Введение, 5 глав (из которых 3 последних посвящены доказательству положений, выносимых на защиту), Список сокращений, Заключение, Список литературы (233 источника) и 5 приложений. Текст работы сопровождается информативным иллюстративным материалом (60 рисунков и 10 таблиц), объем и содержание которого не вызывает нареканий.

При этом к работе имеется ряд **вопросов и замечаний**:

1. Из рисунка 2 (Спектральные кривые по типам поверхностей (каналы со второго по пятый) классифицированных спутниковых изображений Landsat-8 по ключевым участкам 1-4) следует, что спектральные особенности различных типов растительного покрова заметно отличаются не только по широте (северная тайга – лесотундра), но также в пределах одной биоклиматической зоны (между участками 1 и 2 / между участками 3 и 4). На какую площадь (в пределах какого радиуса), по мнению автора, можно распространять выявленные спектральные особенности типов поверхностей за пределами четырех ключевых участков, представляющих собой квадраты 10 x 10 км) исследования для целей ландшафтного картирования? С чем это связано?

2. Защищаемое положение №2 (*Климатически обусловленный рост фитомассы наиболее выражен в лесотундре, что является основным фактором стабилизации теплового режима грунтов и обуславливает необходимость сохранения растительности*

при промышленном освоении) требует разъяснения. Как тезис о том, что рост фитомассы является основным фактором стабилизации теплового режима грунтов, соотносится с утверждением со стр. 21 и из Заключения (стр. 129) о том, что разрастание кустарников положительно коррелирует с мощностью сезонного протаивания, за счет лучшего снегозадержания и роста температуры грунтов?

3. Какие типы растительного покрова (или отдельных видов растений, жизненных форм растений) автор считает наиболее мерзлостабилизирующими и, наоборот, способствующими более интенсивному таянию мерзлоты в торфяниках? Каковы механизмы, определяющие такой эффект?

4. Некоторые значения из таблицы 10 (матрица переходов 2023-2033 гг.) вызывают вопросы:

– Прогнозируемая вероятность перехода в класс 4 «плоские кустарничково-травяно-моховые болота» из всех других классов равна нулю. В то же время прогнозная вероятность перехода класса 4 только в класс 3 (крупно- и плоскобугристые травяно-кустарничково-мохово-лишайниковые торфяники) всего лишь за 10 лет (2023-2033 гг.) достигает уровня в 24%. Еще в 22% случаев растительный покров класса 4 будет переходить в другие классы (5, 6, 8). Значит ли это, что в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород такой тип растительного покрова как «плоские кустарничково-травяно-моховые болота» в ближайшие 3-5 десятилетий обречен на полное или почти полное исчезновение?

– Чем следует объяснить нулевую прогнозируемую вероятность прироста техногенных площадей (класс 2 «пески (раздувы, речные отмели) и техногенные объекты с песчаными насыпями») за счет других классов? В прогнозной модели априори не заложена возможность дальнейшего роста техногенной инфраструктуры?

– Почему для пирогенного класса 5 (пройденные пожарами участки крупно- и плоскобугристых торфяников с восстанавливающейся растительностью) прогнозная модель дает заметную вероятность перехода из классов 2, 4, 7 (от 4 до 7%) и из классов 3 и 6 (от 9 до 12%), в то время как переход любых типов поверхностей в другой пирогенный класс 9 (пройденные пожарами участки лесов и редколесий с восстанавливающейся растительностью) считается невозможным (нулевая вероятность)?

Имеется несколько технических замечаний:

- Не вполне удачной представляется формулировка «...север Западной Сибири...» в названии Главы 5, во Введении, в формулировке цели, в ряде мест по тексту диссертации. Выбранные ключевые участки исследования охватывают широтную полосу 63-67° с.ш., в то время как выражение «север Западной Сибири», по-видимому, также включает более северные территории (полуострова Ямал и Гыданский) вплоть до 73° с.ш. Вероятно, более точной следует считать формулировку «южной криолитозоны Западной Сибири» или «островной и прерывистой зон распространения многолетнемерзлых пород Западной Сибири».
- В конце исследовательских глав диссертации (Главы 3-5) отсутствуют выводы по этим разделам. Наличие резюмирующих выводов улучшило бы восприятие работы.
- В таблицах 9, 10, на рисунках 2, 60, а также в приложении 5, названия классов/типов растительного покрова (и иных типов поверхностей) даны только в виде номеров. При этом расшифровка номеров дается в диссертации лишь единожды – в подписи к рисунку 58. Необходимость постоянно возвращаться к расшифровке в другой части диссертации сильно осложняет быстрое и полноценное восприятие.

Имеющиеся замечания носят, в основном, технический характер. Поставленные вопросы не умаляют достоинств диссертации, они призваны к дальнейшему сущностному развитию дискуссии по теме исследования. В работе А.В. Фахретдинова для южной криолитозоны Западной Сибири выявлен сложный нелинейный характер связей между современными климатическими изменениями, техногенным воздействием, растительным покровом и динамикой многолетнемерзлых пород. Работа вносит важный вклад в изучение динамики многолетней мерзлоты, может быть использована для внедрения в исследования депонирующей роли торфяников в глобальном цикле углерода. Также Соискателем выявлены преимущества и недостатки конкретных подходов в использовании данных дистанционного зондирования Земли при изучении динамики растительного покрова и мерзлых торфяников. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, она характеризуется внутренним единством. Работу следует считать самостоятельным и завершенным исследованием. Новизна и актуальность диссертации, её практическая и теоретическая значимость, личный вклад автора в разработку проблемы не вызывают сомнений. Полученные выводы логически вытекают из результатов работы. Сделанные заключения достаточно обоснованы, защищаемые положения доказаны. Основные результаты диссертационного исследования с достаточной полнотой отражены в публикациях в рецензируемых научных изданиях. Содержание автореферата соответствует диссертации и не содержит противоречий.

Диссертация Артура Венеровича Фахретдинова «Геоинформационный анализ изменений мерзлотных ландшафтов южной криолитозоны Западной Сибири» соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – Геозкология.

Отзыв подготовил: Санников Павел Юрьевич; кандидат географических наук (по специальности 25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов); ученое звание: нет; доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»; (тел. +79048427138, e-mail: sol1430@gmail.com)

Контактные данные:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Адрес: 614068, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Тел.: +7 (342) 239-64-35

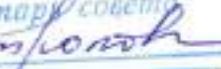
Email: info@psu.ru

Web-сайт: <http://www.psu.ru/>

Я, Санников Павел Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.358.04 на базе ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» и их дальнейшую обработку.

Доцент кафедры биогеоценологии и охраны природы ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», кандидат географических наук




Я,  заверяю
секретаря совета


Санников Павел
Юрьевич

03 сентября 2025 г.