

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата географических наук Иванова Виктора Алексеевича
на тему: «Формирование стока наносов рек криолитозоны России»
по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Работа Иванова Виктора Алексеевича посвящена формированию твердого стока рек криолитозоны. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы – 208 стр., текст изложен на 181 странице, включая 62 рисунка, 23 таблицы и 1 приложение. Список литературы состоит из 311 наименований, в том числе 128 на иностранных языках. Текст автореферата в целом соответствует тексту диссертационной работы.

Актуальность избранной темы.

В целом актуальность представленной работы сомнений не вызывает. Многолетнемерзлые породы определяют особенности эрозионных и русловых процессов на значительной части территории России. Водные потоки оказывают не только механическое, но и термическое воздействие, поэтому формирование твердого стока в этих условиях отличается своеобразием. Процессы литогенеза в значительной степени влияют на динамику углерода и парниковых газов. В связи с изменением климата мерзлота подвергается деградации, и характер процессов литогенеза в криолитозоне меняется. При этом изменение эрозионных и русловых процессов, твердый сток в криолитозоне изучен недостаточно. Поэтому количественная оценка поступления, транспорта и аккумуляции вещества является актуальной.

Введение содержит необходимые положения, касающиеся содержания и структуры работы, сформулированы цель и задачи исследований, указана актуальность и новизна, практическая значимость, личный вклад автора и ссылки на публикации, в которых отражены результаты исследований, приводятся выводы и защищаемые положения. Перечислены авторы, внесшие наибольший вклад в рассматриваемую проблему. Правда, не

упоминаются акад. Н.М. Страхов, разработавший теорию литогенеза в целом, а также проф. И.Д. Данилов, который работал, в том числе, на географическом факультете МГУ, также внесший значительный вклад в исследования литогенеза криолитозоны. Впрочем, на последнего автор впоследствии вынужден ссылаться в тексте диссертации.

Глава 1 «Физико-географические, климатические и гидрологические особенности водосборов рек в зоне залегания многолетнемерзлых пород» посвящена природным условиям криолитозоны России. В ней дана краткая характеристика многолетнемерзлых толщ, их строение, льдистость и распространение в речных бассейнах. Описаны общие физико-географические, климатические и гидрологические условия.

Замечания к этой главе следующие:

1. Автор утверждает, что «Мерзлота – физическое состояние горных пород с отрицательной температурой, в которой вся содержащаяся вода превращена в лед [Геокриолитологический словарь, 2003]». Издание, на которое ссылается автор, не существует. Вероятно, он имеет в виду Геокриологический словарь, изданный по ред В.В.Баулина, однако там нет такого определения. Чтобы вся вода перешла в лед, нужны, по современным данным, температуры до -40°C и ниже. Мерзлые толщи с такой температурой в Северном полушарии практически отсутствуют.

2. Заключение автора, что «шлировая и, в еще большей мере, сетчатая криотекстура создает устойчивый каркас, что приводит к тому, что грунты, имеющие подобную криотекстуру, более устойчивы к разрушению» справедливо вовсе не для всех грунтов и видов механического воздействия. Следовало бы сослаться на литературу в данном случае, но ссылки отсутствуют.

3. Автор употребляет термин «аллювиальные формы мерзлоты», не поясняя, что имеется в виду. Ему следует объяснить его, так как в общей литературе по мерзлотоведению он не встречается.

4. Нельзя согласиться с утверждением автора, что «наличие растительности при прочих равных условиях уменьшает глубину промерзания и оттаивания». В действительности растительный покров, как правило, понижает среднегодовую температуру пород, т.е. слой сезонного

оттаивания действительно уменьшается, но слой сезонного промерзания, наоборот, может увеличиваться.

5. Станным кажется выбор автора, который под термином «едома» подразумевает ландшафты, занимающие водораздельные останцовые поверхности и сложенные позднелепестовыми отложениями ледового комплекса, и делает ссылку на работу [Zhang et al., 2022]. Очевидно, он не знаком с тем фактом, что «едома» не китайского, а отечественного, точнее, финно-угорского происхождения, есть в словаре В.Даля, а в геокриологическом словаре под ред. В.В. Баулина является синонимом ледового комплекса.

6. Автор почему-то тесно связывает криогенные оползни с термоэрозийными образованиями. В природе это имеет место, но криогенные оползни и термоэрозия могут развиваться и отдельно.

7. На стр.22 автор утверждает, что долины северных рек «широкие, сложены песчаными аллювиальными отложениями». Однако в составе террасового комплекса долин достаточно и более дисперсных, чем пески, отложений.

8. При упоминании озер автор, как правило, употребляет прилагательное «термокарстовые». Однако считать так у автора нет оснований. В литературе есть и другие точки зрения, например, [Гречищев, Чистотинов, Шур, 1984]. Тем более, что, как отмечает и сам автор, для криолитозоны России наблюдается тенденция сокращения площади озер на фоне потепления.

Глава 2 «Процессы формирования и транспорта стока наносов рек криолитозоны» посвящена анализу процессов формирования твердого стока, характерных для рек криолитозоны. Предложенная в работе классификация основана на балансовом подходе и учитывает аккумуляционные и денудационные процессы, определяющие поступление материала в эрозионно-русловую сеть. На основе полученной классификации представлены уравнения балансов наносов.

Замечания к этой главе следующие:

1. На стр. 30 автор ошибочно считает миграционные бугры пучения возникающими в результате криогенного напора.

2. Автор утверждает, что наиболее известной в литературе классификацией рельефообразующих процессов в криолитозоне является классификация К.С. Воскресенского. Неясно, на каком основании.

3. В этой главе, и в целом в диссертации автор использует термин «сток взвешенных наносов» или «сток наносов». Понимая, что автор следует некоторой традиции, хотел бы отметить, что в геологии используется другая терминология. В частности академик Н.М. Страхов использовал термин «твердый сток», что, на мой взгляд, более точно семантически. Наносы, по смыслу, уже являются отложениями, поэтому не могут быть переносимым веществом. Кроме того, Страхов различал взвеси, материал волочения по дну и коллоиды. Неясно, как в работе количественно учитывались последние две составляющие, иногда автор указывает лишь на сумму взвешенного и влекомого твердого стока.

4. Позволю себе не согласиться с утверждением автора, что «зимой сток взвешенных наносов практически отсутствует». Очевидно, что русловые процессы вносят определенный вклад в зимний твердый сток. Тезис автора, что зимой «берега и русловые отмели находятся в промерзшем состоянии» может быть отнесен только к малым рекам и ручьям, промерзающим до дна.

5. На рис. 2.5. нанесены многочисленные индексы, но условные обозначения в подписи отсутствуют.

6. Нельзя согласиться с утверждением автора, что «поверхность многолетнемерзлых пород на береговом склоне всегда покрыта термоизолирующим слоем талых наносов, которые во много раз снижают интенсивность протаивания». Очевидно, это происходит не всегда.

Глава 3 «Модель формирования стока наносов рек криолитозоны». В этой главе автор описывает математическую модель формирования твердого стока, реализованной в виде программного комплекса на языке R, где каждый выделенный процесс отражен в виде отдельного модуля.

Замечания к этой главе следующие:

1. Использование математической модели ограничивается необходимостью применения экстраполяции и недостатком исходных данных. Автору следует сформулировать границы применимости модели более определенно.

2. В этой главе, как и в других, встречается определенное число опечаток и грамматических неточностей.

3. Использование для плоскостного смыва формулы (3.1) требует определения входящих в нее коэффициентов применительно к криолитозоне. Общие подходы, в частности, для эродируемости почвы едва ли пригодны, учитывая особенности сезонно-талого слоя и его динамику.

4. Не вполне ясно, что понимает автор под «криогенными оползнями течения» (стр. 77), если делаясь, по А.П. Павлову, то в геокриологии они обычно трактуются как вариант солифлюкции.

5. Значения льдистости отложений ледового комплекса оценены приблизительно, на основании нескольких источников. Автору следует дать оценку результатам расчетов в отношении их соответствия природным условиям. Возможно, следовало бы выбрать ограниченный, но лучше других изученный район криолитозоны для применения предлагаемой модели.

6. Трудно согласиться с автором, что «покрытые лесом или кустарником склоны обычно достаточно стабильны и не являются источниками наносов; для склонов, занятых травянистой растительностью, ведущим процессом является солифлюкция; для аналогичных по крутизне склонам без растительности ведущим процессом уже выступает крип». Занятые растительностью склоны могут также быть подвержены крипу, а солифлюкция может быть активна на склонах, лишенных растительности.

7. В формулах во многих случаях в этой и других главах (например, 3.12–3.14 и др.) отсутствуют размерности параметров, что затрудняет их проверку.

Глава 4 «Адаптация модели формирования стока наносов для водосборов криолитозоны» посвящена адаптации созданной балансовой модели формирования твердого стока для бассейнов рек Обь, Енисей, Лена, Колыма. Калибровка модели включала подбор оптимальных значений для ключевых параметров. Модель имеет преимущество, заключающееся в возможности улучшения оценок путем учета разных механизмов формирования стока.

Замечания к этой главе следующие:

1. В диссертации для валидации оценок бассейновой составляющей стока в результате процесса плоскостного смыва были использованы данные стационара, который располагается в водосборе Оби, около г. Барнаул. Участие в формировании стока в этом районе, так же как и в области лесостепей и степей Западной Сибири процессов в криолитозоне невелико и выбор его для верификации не может считаться удачным.

2. Сравнение результатов моделирования с натурными данными о твердом стоке для постов Росгидромета не выглядит достаточно убедительным из-за крайней ограниченности данных, в частности, по Оби (6 постов) и особенно Енисею (2 поста), тем более что сравнение демонстрирует расхождение результатов.

3. Автор употребляет понятия «деятельный слой» и «сезонно-талый слой», очевидно, как синонимы. В современной фундаментальной литературе по геоэкологии эти понятия различаются.

Глава 5 «Условия формирования бассейновой составляющей стока наносов для рек криолитозоны» посвящена исследованию условий формирования и закономерностям распределения модуля бассейновой составляющей твердого стока.

Автор утверждает в этой главе, что «горных условиях криолитозона увеличивает модуль бассейновой составляющей стока наносов в 5,18 раз за счет..., в т.ч. и криогенных процессов», однако не комментирует такое значительное различие, что следовало бы сделать.

В **Главе 6** «Особенности горизонтальных деформаций в условиях распространения многолетнемерзлых пород» рассматривается влияние многолетнемерзлых пород на горизонтальные переформирования русел рек. Для малых и средних рек характеристики размывов оказались значительно выше в криолитозоне, а линейное отступление берегов больше на 55%. Наблюдающиеся тренды на увеличение температуры воздуха при отсутствии значимых трендов на увеличение водности р. Колыма указывают на то, что решающую роль в росте русловой эрозии сыграло повышение температуры воздуха в регионе. Автор утверждает, что на Колыме «на эстуарном участке происходит в 10 раз более интенсивный размыв по сравнению с речным

участком.» Увеличение интенсивности русловых процессов для эстуарного участка, по его мнению, объясняется широким распространением отложений ледового комплекса, большими значениями расходов воды, а также эстуарной динамикой потоков воды и наносов, влиянием штормовых нагонов и приливов. Однако простое перечисление возможных причин не объясняет этот интересный результат. Возможно, следовало разобраться в нем более детально.

В **Главе 7** «Баланс наносов рек криолитозоны» выполнена количественная оценка составляющих баланса твердого стока рек криолитозоны для определения соотношения бассейновых и русловых источников. Установлено, что для малых и средних водосборов доминирующей является бассейновая составляющая твердого стока. Распространение многолетнемерзлых пород выступает одним из факторов, который способствует увеличению руслового вклада, причем автор считает, что «распространение мерзлоты выступает... катализатором русловых деформаций». Однако, в абсолютном выражении перераспределение долей твердого стока за счет увеличения доли русловой составляющей в криолитозоне не так велико.

В **Заключении** приведены основные выводы исследования. Автором предложена собственная классификация процессов формирования твердого стока для водосборов крупнейших бассейнов криолитозоны. Разработана методика количественной оценки твердого стока рек криолитозоны и выполнена калибровка параметров модели. Выделены типичные зоны по условиям формирования бассейновой составляющей твердого стока. Выявлено усиление темпов русловых деформаций на реках в зоне распространения многолетнемерзлых пород. На примере излучины Дуванный Яр на р. Колыма установлено, что значение объёмов отступившего берега в среднем в 5,5 раз выше для излучин с обнажениями ледового комплекса по сравнению с излучинами, не содержащими подобных обнажений. В XXI веке на нижней Колыме наблюдается ускорение русловой эрозии. Выполнена оценка баланса наносов крупнейших рек криолитозоны.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются обоснованными, опирающимися на известные аналитические решения, а также находящиеся в соответствии с натурными данными по твердому стоку рек криолитозоны.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы обусловлена: 1. Обоснованием корректности постановки решаемых задач и применяемых методов решения; 2. Сравнением полученных в работе результатов с данными других исследователей; 3. Сопоставлением результатов численных решений с данными натурных наблюдений.

Основные положения диссертационной работы отражены в 6 публикациях, в том числе в 4 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ.016.2 по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки и практики.

Значимым научным и практическим результатом работы являются методика количественной оценки твердого стока рек криолитозоны.

Замечания отмечены в главах работы.

Общая оценка диссертационной работы.

Вместе с тем указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (по географическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, и оформлена

согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Иванов Виктор Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16. Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук,
заведующий кафедрой геокриологии
Геологического факультета ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова»

БРУШКОВ Анатолий Викторович

«11» декабря 2025 г.

Контактные данные:

Тел.: +7(495)939-12-81, e-mail: brouchkov@geol.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
25.00.08. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Адрес места работы:

119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1,
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени
М.В. Ломоносова», Геологический факультет

Тел.: +7(495)939-13-01, e-mail: dean@geol.msu.ru

Подпись сотрудника Геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» А.В. Брушкова удостоверяю:

Декан Геологического факультета
ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М.В. Ломоносова»,
доктор химических наук, чл.-корр. РАН

Н.Н. Еремин