

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Шмаковой Марины Валентиновны «МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ОЦЕНКОЙ ТВЕРДОГО СТОКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ», представленную на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Актуальность темы диссертационной работы. Исследования стока наносов представляют значительный интерес для решения ряда водохозяйственных задач, в том числе связанных и с антропогенной нагрузкой. Несмотря на существующие фундаментальные исследования в этой области, выполненные в 60 – 80-е годы прошлого столетия, ряд вопросов остался недостаточно проработанным, в том числе, вопросы, связанные с численным моделированием процессов массопереноса при решении важных геоэкологических задач. Так, количественные описания состояния водоемов и водотоков в части оценки мутности воды и расхода наносов должна опираться на результаты математического моделирования для текущих и прогнозных условий функционирования водного объекта.

Диссертационная работа М.В. Шмаковой посвящена разработке методологии оценки твердого стока водных объектов, основанной на актуальных для современных водохозяйственных задач расчетных методах и моделях, в которых реализованы как детерминированные, так и стохастические подходы. В частности, в работе найдено решение таких вопросов, как оценка максимальной мутности, расчеты пространственных полей мутности воды разнотипных водоемов и так далее. Также в работе приводится решение ряда важных научно-прикладных задач. Значимость и актуальность диссертационной работы не вызывает сомнений.

Содержание диссертационной работы. Диссертация объемом 313 страниц состоит из Введения, пяти Глав, Заключения, Списка литературы и Приложения.

В первой главе приведены результаты аналитического обзора литературных источников по теме исследования, рассмотрены пространственно-временные закономерности распределения мутности воды, расхода влекомых и взвешенных наносов, а также физико-географическое распределение твердого стока по территории Земного шара. Также в главе приводится анализ основных источников мутности водных объектов и с географических позиций обзор некоторых геоэкологических задач, связанных с транспортом наносов.

Во второй главе рассматривается ряд прикладных задач геоэкологии, связанных с расчетами одного из абиотических факторов водных экосистем – твердого стока или мутности воды. В главе приведены основные водохозяйственные задачи, связанные с оценкой твердого стока, и показаны основные пути их решения современными методами.

В третьей главе изложены разработанные автором методы и модели, которые представлены в первой части защищаемых положений. Автором сделан

обзор существующих методов расчета твердого стока в различных приложениях, рассмотрен вывод разработанных методов и моделей и приведена убедительная апробация этих методов; приводится сравнительный анализ разработанных и существующих расчетных методов.

Практическая реализация многих существующих моделей транспорта наносов требует большого объема информации о состоянии водного объекта. При этом имеет место следующая ситуация: чем детальней, с включением большого количества определяющих параметров, будет построена модель, тем сложнее ее использовать для расчета реальных водных объектов, тем большие возникают погрешности, связанные с пространственной неоднородностью распределения определяющих параметров. Поэтому существует сложная и принципиально важная задача – найти оптимальную детальность описания процессов транспорта наносов, чтобы ее перенос на реальные водные объекты обеспечивал минимальную погрешность расчетного соотношения. Отказ от детализированного описания процессов транспорта твердых частиц в водных объектах в разработанных М.В. Шмаковой расчетных методах и моделях позволяет избежать подробного задания исходных данных для расчета и оценивать процессы массопереноса интегрально.

М.В. Шмаковой в третьей главе представлены следующие разработанные ею методы и модели – модель двухфазного речного потока, формула расхода наносов, формула транспортирующей способности потока, стохастическая модель годового твердого стока, двумерная модель гидродинамики и транспорта наносов в водоеме. Комплекс перечисленных моделей в определенном смысле можно считать методологической основой оценки твердого стока в различных геоэкологических приложениях.

Совместная реализация детерминированных и стохастических подходов в работе М.В. Шмаковой позволяет расширить возможности разработанных физических методов оценки транспорта наносов. В условиях известного дефицита наблюдений за твердым стоком такой комплексный подход дает возможность рассчитать как статистические характеристики мутности воды, так и дать соответствующую прогнозную оценку.

В четвертой главе приведен большой набор решенных геоэкологических задач для разнотипных водных объектов. Первым объектом моделирования представлен мелководный водоем Сестрорецкий Разлив, расположенный в черте города Санкт-Петербурга. Заиление мелководных водоемов, расположенных в зоне повышенного риска эвтрофикации, быстро ухудшает качество водного объекта без соответствующих восстановительных мероприятий. Оценка условно интегрального распространения наносов в акватории и результаты математического моделирования показали, что вклад речных наносов в процессы заиления незначителен.

Следующий объект моделирования – озеро Неро, геоэкологические проблемы которого вышли за рамки региональных и уже стали достоянием страны. Непосредственное прибрежное расположение населенных пунктов при отсутствии централизованной канализации и очистных сооружений, привело к

зарастанию озера и существенному обмелению. Автором диссертации была решена задача выбора наиболее эффективного варианта гидротехнических работ, направленных на оздоровление акватории.

Для случая Куйбышевского водохранилища в диссертации приводятся результаты моделирования рельефа дна приплотинного плеса для неустановившегося режима. Показаны участки интенсивного переформирования дна приплотинного плеса водоема, которые приходятся на места русловых сужений. Для всей акватории Куйбышевского водохранилища получено пространственное распределение такого показателя (сформулированного автором), как гидродинамический потенциал максимального содержания взвешенных частиц в водной массе. Это является первым опытом построения такой характеристики для гипотетической ситуации взмучивания донных отложений при дноуглубительных работах. Как результат такого моделирования – карта потенциально проблемных при проведении гидротехнических работ участков акватории.

В пятой главе решаются две геоэкологические задачи для водотоков Нева и Нарва. Эти водотоки имеют большое хозяйственное и градообразующее значение – р. Нева несет важную водохозяйственную нагрузку со стороны многомиллионного города, а р. Нарва – трансграничный водоток с гидроэнергетическим узлом. В работе М.В. Шмаковой смоделирована гипотетическая ситуация прорыва карт-котлованов, при которой токсичные воды по системе водотоков поступят в р. Неву. Результаты расчетов показали кратность разбавления сточных вод и время достижения створов водоканала.

Для реки Нарвы автором представлено детерминировано-стохастическое моделирование мутности воды, рассчитаны параметры распределения мутности воды для условий возможных климатических изменений. Показано, что возможное уменьшение стока приведет к увеличению мутности воды, и последнее может быть учтено при водохозяйственном планировании.

В заключении даются общие выводы по работе, по ее теоретической и прикладной части, отражены в кратком виде основные выводы по отдельным рассмотренным главам диссертационной работы, а также отмечены дальнейшие перспективы развития и использования разработанной автором методологии.

Научная новизна исследования. Впервые разработан комплекс взаимосвязанных расчетных методов с физически обоснованными параметрами, применимый для оценки твердого стока водных объектов в различных приложениях. Разработаны новые технологии расчетов прогнозирования мутности воды как показателя ее качества, необходимые для решения широкого круга водохозяйственных задач рационального использования и охраны водных объектов. Впервые построены поля мутности, расхода наносов и максимально возможной мутности для исследуемых водоемов – озера Неро, Сестрорецкого Разлива и Куйбышевского водохранилища.

Практическая значимость данного исследования подтверждается успешным использованием разработанных расчетных методов в решении

широкого круга важных научно-практических задач, связанных с оценкой и прогнозированием экологического состояния водных объектов.

Достоверность научных положений и рекомендаций обеспечивается корректностью математических методов исследования и выполненной апробацией с использованием данных натуральных наблюдений.

Основные результаты диссертации опубликованы достаточно полно в научных изданиях и прошли апробацию на семинарах и конференциях различных уровней. Материалы диссертации опубликованы в 22 работах в изданиях из Перечня ВАК РФ, 8 работах в изданиях Scopus и Web of Science, 4 монографиях, 5 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ.

По выполненному диссертационному исследованию имеются замечания технического и содержательного характера. Укажем следующие замечания.

1. В текстах автореферата и диссертации указан объем работы 312 стр. По факту текст диссертации содержит 313 стр.
2. По содержанию автореферат диссертации является описательным; не приведены основные математические соотношения и зависимости, представленные в тексте диссертации.
3. В диссертационной работе гипертрофирована обзорная часть, зачастую некоторые части текста просто дублируются. К примеру, на **стр. 24** «Также, механическое разрушение агрегатов почвы имеет место и при падении капель дождя [Лопатин, 1952]. Причем, это «разрушение будет тем больше, чем меньше защищена почва растительностью, чем крупнее капли дождя и чем чаще они падают, т.е. чем больше интенсивность дождя» [Лопатин, 1952]. В качестве показателя эрозионного потенциала осадков может служить эрозионный индекс дождей [Wischmeier, 1958; Эрозионные процессы, 1984]». Имеется **повтор текста на стр. 27.** «Также, механическое разрушение агрегатов почвы имеет место и при падении капель дождя [Лопатин, 1952]. Причем, это «разрушение будет тем больше, чем меньше защищена почва растительностью, чем крупнее капли дождя и чем чаще они падают, т.е. чем больше интенсивность дождя» [Лопатин, 1952]. В качестве показателя эрозионного потенциала осадков может служить эрозионный индекс дождей [Wischmeier et al., 1958; Эрозионные процессы..., 1984]». Далее, на **стр. 26** «Для водотоков и водоемов внутригодовое распределение стока наносов, сформированной частицами грунта, может различаться. Причинами этого служат принципиальное различие в их морфометрии, разные доминирующие гидродинамические процессы (например, в водотоке выраженное поступательное движение воды, в водохранилище – резкие перепады уровня за счет сработки и т.д.). По этим же причинам принципиально отличается для водотоков и водоемов пространственное распределение стока в пределах водного объекта»; **повтор текста на стр. 36.** «Для водотоков и водоемов внутригодовое распределение стока наносов, сформированной частицами грунта, может различаться. Причинами этого служат принципиальное различие в их морфометрии, разные доминирующие гидродинамические процессы (например, в водотоке выраженное поступательное движение воды, в

водохранилище – резкие перепады уровня за счет сработки и т.д.). По этим же причинам принципиально отличается для водотоков и водоемов пространственное распределение стока в пределах водного объекта». **На стр. 79** «А.В. Караушев [Методические..., 1987] предлагает регламентировать допустимое превышение мутности отклонениями от фоновой мутности – от 10 % для малых значений мутности до 25 % для больших значений. Объясняется это погрешностями измерения и расчетов мутности и указанные отклонения не принесут нарушения в общий режим транспорта наносов в водотоке [Методические..., 1987]. В соответствии с вышеизложенным, в [Методические..., 1987] приводятся общие рекомендации к сточным водам, содержащим ВВ для водных объектов, характеризующихся разной концентрацией ВВ»; **повтор текста на стр. 82.** «Первый вопрос может быть решен предложенным А.В. Караушевым [Методические..., 1987] регламентированием допустимого превышения мутности отклонениями от фоновой мутности – от 10 % для малых значений мутности до 25 % для больших значений – ввиду больших погрешностей как измерений так и расчетов мутности, указанные отклонения не принесут нарушения в общий режим транспорта наносов в водотоке [Методические..., 1987]. В соответствии с вышеизложенным, в [Методические..., 1987] приводятся общие рекомендации к сточным водам, содержащим взвешенные вещества для водных объектов, характеризующихся разной концентрацией ВВ».

4. К сожалению, складывается впечатление, что текст работы недостаточно вычитан. Имеются ряд стилистических погрешностей в тексте работы. Примеры этому следующие: **стр. 69** «В исследованиях, посвященных этому вопросу [Виноградов, 1988; Виноградов, 2008; Картвелишвили, 1981] рекомендуются функциональное задание для расчета вероятности крайних членов (например, [Gumbel, 1958; 1963])»; **стр. 80** «Таблица 2.1 – Общие требования к составу сточных вод, содержащие взвешенные отличающиеся от естественных в водном объекте у пунктов водопользования [Методические..., 1987]»; **стр. 96** (выводы по главе 2). Необходимость организации полноценного мониторинга, оценка качества природных вод и развития расчетных методов оценки твердого стока и концентрации взвешенных веществ в водных объектах, определяется в решении геэкологических задач, а также экологическими, рекреационными, рыбо- и водохозяйственными аспектами; **стр. 98** Интенсивное заиление приводит к обмелению водоемов и нарушению функционирования биоценозов, изменения условий жизнедеятельности биоты, изменению статуса водного объекта.
5. Вышеуказанные замечания подтверждают имеющиеся ошибки в нумерации формул и ссылок на формулы. К примеру, после формулы (3.15) на стр. 163 идет формула (2.16) на стр. 166. В подписи к рис. 3.12 имеется ссылка на формулу (2.15), которая отсутствует в тексте работы. Далее на стр. 261 делается отсылка к формулам (2.1)-(2.4), что является неверным.

6. Некоторые рассуждения автора работы представляются небесспорными и требующими пояснения или уточнения. Например, на стр. 99 написано «Динамика русловых потоков, вследствие своей неравномерности и нестационарности, определяет систему речной поток – русло как неравновесную. ...». Что имел ввиду автор? Научную дисциплину или динамику как изменчивость?
7. На стр. 102 читаем «В практике гидродинамического моделирования уравнение Сен-Венана совместно с уравнением неразрывности представлено в различных модификациях – одно-, двух-, трехмерной постановке». Что означает упоминание о трехмерной постановке уравнения Сен-Венана?
8. На стр. 131 соискатель высказывает следующее утверждение: «Связь же параметров трения с крупностью донных отложений достаточно однозначна – дно, представленное крупными фракциями, оказывает большее сопротивление потоку, чем дно, выложенное меньшими по размеру фракциями, при прочих равных условиях». Это верно лишь в элементарном случае. На дне, выложенном меньшими по размеру фракциями, сопротивление создается образующимися микро и мезоформами донного рельефа. Об этом достаточно много сказано, например, в монографиях К.В. Гришанина (1979; 1992), на которые есть ссылки в работе.
9. На стр. 170 читаем «При очевидных достоинствах трехмерных моделей, область их применения ограничивается двумя важными с практической точки зрения обстоятельствами: во-первых, они являются затратными в вычислительном отношении и, во-вторых, они требуют подробной информации о моделируемом объекте». Данный тезис является как сильно устаревшим (относительно вычислительных затрат), так и неверным, поскольку построение 3D компьютерной модели требует ровно столько же эмпирической информации, как и плановой (2DН) компьютерной модели.
10. В Главах 2 и 3, важных для изложения существа диссертационной работы, с одной стороны, имеется много излишне подробных описаний известных работ, ранее полученных результатов, отступлений, справочной информации. То есть той информации, которая должна быть изложена во вводной части. С другой стороны, сама работа направлена на создание математического обеспечения для решения геоэкологических задач, связанных с количественными оценками и прогнозами пространственного переноса речных наносов в водотоках и водоемах. Такими исследованиями занимаются многие специалисты в нашей стране и за рубежом. Так, известны работы Дебольского В.К., Дебольской Е.И., Беликова В.В. и их коллег, работы пермских исследователей и других авторов. В этих работах представлены результаты решения гидродинамических задач различной размерности, дополненных уравнениями переноса и инженерными

формулами для описания транспорта взвешенных и влекомых наносов. Почему в работе отсутствуют описание и анализ данных работ?

11. По существу работы заметим следующее. К сожалению, разработанной модели расхода наносов в работе отводится менее десяти страниц диссертации (стр. 107-109, 128-129, 131-133). Из изложенного материала в Главе 3 неясно, какое отношение имеет система (3.1)-(3.4) к уравнению (3.8)? В разделе 3.2.2 (стр. 128) в первом абзаце речь идет о преобразовании этого уравнения. Преобразование какого уравнения выполнено, можно только догадываться. Неясно, для чего в работе приводится уравнение (3.6), которое в дальнейшем нигде не используется.
12. Центральные для работы Соискателя аналитические формулы для общего расхода наносов (3.7) и (3.8) по существу являются полуэмпирическими за счет имеющихся в этих формулах двух эмпирических параметров c и f , причем слабо определенных и нестабильных [Шмакова, 2018]. На стр. 133 указано, что «параметры формулы (3.8) оцениваются для конкретного гидрометрического створа при условии однообразной водохозяйственной деятельности вблизи створа. Если в последующие годы в пределах гидрометрического створа появилось иное водохозяйственное влияние на водоток, значения величин f и c изменятся. Также на значение параметров формулы (3.8) оказывает влияние и изменение гидравлической обстановки в гидрометрическом створе за счет ледовых явлений и зарастания русла». Можно высказать предположение, что эти эмпирические параметры относятся не к физическим процессам транспорта наносов, а описывают обобщенные местные условия твердого стока.
13. При моделировании загрязнения в реке Нева (Глава 5) сначала принимается средний размер русловых фракций 0.33 мм (стр. 261), а затем делается допущение о среднем размере частиц 0.1 мм (стр. 264). Какие же средние размеры частиц использовались для расчетов?
14. Все методы расчета твердого стока предусматривают назначение параметров трения, которые автор с одной стороны рассматривает подробно, а с другой стороны замечает, что их значения уточняются. Отсутствие определенности в количественном назначении этих параметров существенно затрудняет непосредственное использование разработанных М.В. Шмаковой методов другими исследователями.
15. При калибровке моделей может появиться проблема эквивалентности, когда определенные сочетания различных исходных параметров дают близкие результаты в изменении расчетного параметра. Ввиду присутствия в формуле расхода наносов двух параметров, их вклад может быть взаимозаменяемым. К сожалению, анализу этого вопроса в работе не уделено должного внимания.

Заключение. Указанные замечания являются достаточно существенными и требуют серьезных и обоснованных ответов для подтверждения значимости результатов диссертационной работы.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты. Содержание диссертации соответствует специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле). Результаты работы опубликованы в центральных изданиях в требуемом объеме.

В целом, диссертационная работа М. В. Шмаковой «Методология решения геоэкологических задач, связанных с оценкой твердого стока водных объектов» выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Работа представляет собой целостное крупное законченное научное исследование, решающее важную и актуальную гидрологическую и геоэкологическую задачу – создание системы методов оценки и прогноза транспорта твердого стока в водных объектах для количественного описания экосистем водотоков и водоемов.

Таким образом, диссертация М. В. Шмаковой является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в решение важных научно-практических задач, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле).

Зав.лабораторией гидрологии
и геоинформатики Института водных
и экологических проблем СО РАН, д.т.н.



Зиновьев А.Т.

656038 г. Барнаул, ул. Молодежная, 1
ФГБУН Институт водных и экологических проблем
Сибирского отделения РАН
Тел. +7 385 266 64 74 e-mail: zinoviev@iwer.ru
Зав. лабораторией гидрологии и геоинформатики,
доктор технических наук
(специальность 25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия)
Зиновьев Александр Тимофеевич

Подпись зав.лабораторией, д.т.н. Зиновьева А.Т. заверяю.

Главный специалист
Института водных и экологических проблем СО РАН СО РАН
М.В. Михайлова
23.04.2020

