

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
озероведения Российской академии наук,
академик РАН, доктор географических наук, профессор



Румянцев В.А.

17 февраля 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института озероведения Российской Академии наук (ИНОЗ РАН) на диссертационную работу Мартьянова Станислава Дмитриевича «Моделирование и оценка взмучивания донных осадков в прибрежных районах морей на примере Невской губы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – океанология

Актуальность. Диссертационная работа Мартьянова С.Д. посвящена решению задачи оценки взмучивания донных осадков на мелководных акваториях с использованием методов математического моделирования. На примере Невской губы и восточной части Финского залива изучено влияние различных гидрометеорологических факторов на процессы взмучивания и переноса примесей. Полученные результаты расширяют возможности методов прогнозирования состояния морских объектов за счет определения интенсивности поступления взвеси в водную массу и ее последующего транспорта под влиянием естественных причин.

Цель работы заключалась в совершенствовании и расширении трехмерной гидродинамической модели циркуляции для последующего применения при воспроизведении процесса взмучивания донных отложений и переноса взвешенных осадков в прибрежном районе Невской губы и восточной части Финского залива.

Научная новизна диссертационной работы С.Д. Мартьянова состоит в то, что в ней впервые приводятся результаты расчетов взмучивания осадочного материала

для различных типов донных осадков в Невской губе при использовании модели, учитывающей совместное нелинейное взаимодействие придонных напряжений, генерируемых ветровыми волнами и течением, учитывающей сцепление частиц донных осадков, переменную скорость оседания взвеси, а также влияние плотности взвешенных частиц на общую плотностную стратификацию. Кроме того, впервые получены оценки пространственного распределения и периодов интенсивного взмучивания в Невской губе как в среднем за год, так и в течение безледного периода.

Предметом защиты являются:

1. Гидродинамическая модель взмучивания донных и переноса взвешенных осадков в прибрежных районах морей, учитывающая механизмы транспорта и взаимодействия взвешенных частиц,
2. Обоснование необходимости учета при моделировании взмучивания различий в пространственном распределении и свойствах донных осадков, когезии и плотности взвешенных частиц,
3. Выявленные закономерности пространственного распределения характеристик взмучивания на акватории Невской губы.

Краткий обзор диссертационной работы

Структурно диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и списка использованных источников. Общий объем диссертации 106 страниц.

Во введении отмечается актуальность исследования, сформулированы цели и задачи работы, приводятся научная новизна и защищаемые положения, а также указана практическая значимость, методы исследования, достоверность полученных результатов и личный вклад автора.

В первой главе выполнен аналитический обзор работ, посвященных проблеме изучения и моделирования процесса взмучивания. Подробно рассмотрены различные причины взмучивания донных осадков и влияние взвешенных частиц на плотностную стратификацию. Кроме того, в математическом виде формулируется задача по взмучиванию частиц со дна, при этом большое внимание уделяется выбору нижнего граничного условия, являющегося определяющим. Приводится обзор существующих

в настоящее время основных параметризаций потока донных осадков в воду. Также в первой главе рассматривается процесс оседания взвеси и такие процессы как флокуляция и затрудненное оседание. В конце главы приводится обзор работ по исследованию влияния взвеси на другие гидрологические характеристики.

Во второй главе приводится описание использованного в работе модельного комплекса, состоящего из циркуляционной модели, модели взмучивания и модели ветрового волнения. Приводятся формулы для расчета поступления со дна взвеси, ее переноса и оседания. При этом в модель включен учет влияния когезии, флокуляции, затрудненного оседания, влияния плотности частиц на плотностную стратификацию, нелинейного взаимодействия придонных погранслоев, генерируемых течением и ветровым волнением. Несомненным преимуществом изложенного подхода является использование различных методик для расчета скорости оседания, изменения которой в зависимости от размера взвешенных частиц являются значительными. Также к положительным моментам следует отметить относительно легкую возможность расширения модели для учета сразу нескольких фракций взвешенных частиц, так как выбор того или иного алгоритма расчетов происходит автоматически в зависимости от фракций задаваемых частиц.

В третьей главе описываются физико-географические особенности Невской губы как основного объекта исследования и приводятся условия, при которых проводились модельные расчеты. Приводятся модельные оценки интенсивности ветрового волнения при различных скоростях и направлениях ветра, справедливость которых подтверждается, правда, косвенно, сравнением с наблюдаемыми высотами волн аналогичной повторяемости в данной акватории, а также результатами других модельных оценок. Отдельного внимания заслуживают результаты расчетов придонных напряжений. В работе представлены поля придонных напряжений, образуемых отдельно течениями, ветровыми волнами, а также суммарного придонного напряжения, и подробно описывает различия в их пространственном распределении и абсолютных величинах придонных напряжений. Показано, что для корректного расчета придонного напряжения необходимо учитывать оба механизма генерации: от волн и от течений. Из результатов следует, что наибольший вклад течения наблюдается на мелководье в районе Ломоносовской отмели и в створах

Комплекса защитных сооружений СПб от наводнений, тогда как влияние ветрового волнения охватывает значительно большие по площади районы.

В качестве донных осадков рассматриваются две фракции: мелкозернистый песок и алевритовые частицы, имеющие различное пространственное расположение и физические характеристики. Такое деление выполнено на основании осреднения характеристик реальных донных осадков с соответствующим распределением по акватории. На основании расчетов с заданием отдельно каждой фракции убедительно доказано, что пространственное распределение концентрации взвеси сильно отличается, равно как и ее абсолютные значения. Интересным результатом представляется получение вертикальных профилей взвешенных песков и илов: профили илов практически равномерные по глубине, а то время как для песка наблюдаются ярко выраженные придонные максимумы. Показано также различие в полях концентрации, рассчитанных с учетом и без учета плотности взвешенных частиц: в последнем случае концентрации оказываются значительно выше из-за недоучета доли турбулентной энергии, затрачиваемой на преодоление усиленной частицами вертикальной плотностной устойчивости.

Значительную часть третьей главы отводится описанию и анализу результатов численных экспериментов, в которых определялась чувствительность модели взмучивания к варьированию эмпирических коэффициентов, а именно к коэффициенту когезии алевритовых частиц и доли содержания глинистой фракции в донных осадках, которые, согласно описанию модели, влияют на интенсивность когезии. Из лабораторных и натурных данных хорошо известно, что когезия может значительно увеличить критическое напряжение, необходимое для начала движения донных частиц, поэтому повышенное внимание автора к данному вопросу представляется совершенно обоснованным. По результатам серии расчетов и сравнения с данными спутниковых наблюдений подобраны соответствующие значения так называемых «свободных» коэффициентов.

В четвертой главе приводятся результаты расчетов концентрации взвешенного вещества в Невской губе уже для длительных периодов: для безледных периодов 2008 и 2013 годов. При этом используется уже откалиброванная модель, в которую не вносилось последующих изменений. Рассмотрен временной ход поверхностной концентрации в трех точках, расположенных на акватории Невской губы. На

основании его анализа сделан вывод о различных условиях взмучивания, например, для северного побережья Невской губы и для Ломоносовской отмели, где наиболее значимыми являются течения, особенно в моменты сильных колебаний уровня. Для других районов подобной связи выявлено не было. В конце главы приводится временной ход уже суммарного содержания взвешенного вещества во всех расчетной области с целью включения в рассмотрение всю водную толщу. На основании проведенных расчетов выявлены зоны взмучивания донных осадков в исследуемой области. Прежде всего, речь здесь идет о вдольбереговой полосе от города Сестрорецк до Санкт-Петербурга, непосредственно самом устье Невы при сильных ветрах западного и юго-западного направлений. Интенсивно взмучивание в ряде случаев наблюдается в районе Ломоносовской отмели при значительных колебаниях уровня. При сильных ветрах северного или северо-восточного направления взмучивание наблюдается вдоль южного побережья Невской губы. При ветре со скоростью выше 8–10 м/с взмучиваются алевритовые донные осадки в центральных частях Невской губы. В работе также показано, что наиболее интенсивно для рассматриваемых в работе лет взмучивание происходило в осенние месяцы с максимумом интенсивности, приходящимся на середину ноября.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

Перспективы практического использования полученных результатов:

1. Естественная составляющая поступления взвеси в водную массу со дна Невской губы, рассчитанная в ходе выполнения диссертационного исследования, является индикатором естественного состояния акватории и некоторой фоновой характеристикой среды, с которой можно сравнивать состояние акватории при антропогенном воздействии и к которой нужно стремиться при оздоровлении водоема. Концентрации взвешенных частиц, сформированные в результате хозяйственной деятельности в Невской губе, значительно выше естественных фоновых значений. В этой ситуации определение именно фоновых концентраций представляется достаточно сложной задачей, которая и решена в данной работе.
2. Расчет транспорта и переотложения наносов – одна из важнейших инженерных задач, обеспечивающих судоходство в Невской губе. Предложенная модель может использоваться для оценки изменения конфигурации как рельефа дна, так и

береговой линии, а также для прогнозирования разрушения берегов. Для полноценного решения такого рода задач необходимо включение в модель блоков учета морфодинамики дна и переноса влекомых наносов.

3. Информация о содержании взвешенных частиц в водной массе крайне важна для проведения экосистемного моделирования. Речь идет об определении ослабления света взвешенными частицами при расчете первичной продукции. Кроме того, зная поток седиментов со дна, при наличии соответствующих данных о составе донных осадков можно рассчитывать поступление биогенных и других веществ в водную толщу, что является важным компонентом функционирования морских экосистем в мелководных и шельфовых районах. Аналогично можно определить и поступление в воду загрязняющих веществ, например, ртути или углеводородов, содержащихся в донных осадках. Все перечисленные вещества могут накапливаться в донных отложениях на протяжении многих лет и в течении относительно непродолжительного периода, например, в штормовую погоду, вновь поступить в воду.
4. Взмучивание донных осадков также может рассматриваться как один из механизмов, препятствующих заболачиванию акваторий со слабым водообменом. В этой связи модельные расчеты могут служить количественной оценкой данного процесса.
5. Существуют и малоисследованные на настоящий момент эффекты, но представляющие несомненный практический интерес, такие как влияние взмучивания частиц на процесс удаления нефти с поверхности и из водной толщи путем адсорбирования нефти на взвешенных частицах, осаждающихся на дно водоема.

Общая оценка работы

Диссертация изложена в логически-последовательной форме, стиль изложения четкий и ясный. Оформление диссертации выполнено с соблюдением необходимых стандартов. По теме диссертации опубликовано 7 работ, из них 2 – в изданиях из списка ВАК РФ. В опубликованных работах результаты диссертации отражены полностью. Работа прошла достаточно широкую **апробацию**, автор неоднократно

представлял результаты своей работы на российских и международных научных конференциях и семинарах.

Содержание автореферата в полной мере соответствует основным результатам диссертационной работы.

Достоверность результатов работы подтверждается их сравнением с данными спутниковых измерений, а также использованием известной в океанологическом научном сообществе модели океанической циркуляции (Принстонской океанической модели), модели ветрового волнения SWAN, широко используемой в настоящее время, в том числе и Северо-Западном УГМС России, а также эмпирических зависимостей, полученных по большому количеству фактической информации.

Замечания по диссертации:

1. Следовало бы уделить больше внимания обзору результатов работ отечественных исследователей, например, Лисицина А.П.

2. Без внимания осталось многослойное представление структуры донных осадков, также как и возможное задание в расчетах процентного содержания той или иной фракции.

4. Описанию модели циркуляции, как одному из основных инструментов исследования, следовало бы уделить больше внимания.

Заключение

Высказанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки работы Мартынова С.Д.

Диссертация Мартынова Станислава Дмитриевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Мартынов Станислав Дмитриевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.28 – «океанология».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждался и одобрен на заседании научного семинара Лаборатории математических методов моделирования ФГБУН ИНОЗ РАН, протокол № 7 от 10 февраля 2015 года.

Отзыв Ведущей организации составил:

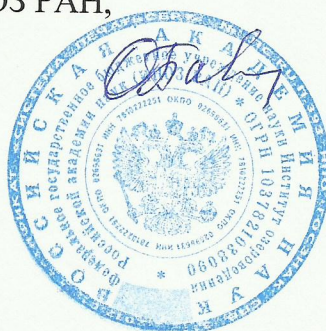
Заместитель директора по научной работе,
заведующий Лабораторией математических
методов моделирования,
доктор физико-математических наук



Кондратьев
Сергей Алексеевич

Адрес: 196105, Санкт-Петербург,
ул. Севастьянова, дом 9.
Телефон: +7 (812) 387-02-76
Факс: +7 (812) 388-73-27
e-mail: kondratyev@limno.org.ru

Подпись Кондратьева Сергея Алексеевича заверяю
Ученый секретарь ФГБУН ИНОЗ РАН,
кандидат биологических наук



Павлова
Оксана Александровна

16 февраля 2015 г.