

121



003067608

*На правах рукописи*  
УДК 551.473:(261.24)

**Чечко Владимир Андреевич**

**ПРОЦЕССЫ СОВРЕМЕННОГО ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ  
В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

25.00.28 – океанология

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Калининград – 2006

Работа выполнена в Атлантическом отделении  
Института океанологии им. П. П. Ширшова  
Российской Академии Наук

Научные руководители: доктор геолого-минералогических наук

Блажчишин Александр Иванович

доктор геолого-минералогических наук

Краснов Евгений Васильевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук

Рыбалко Александр Евменьевич

кандидат геолого-минералогических наук

Шевченко Владимир Петрович

Ведущая организация: Московский государственный университет  
имени М.В. Ломоносова

Защита состоится "16" января 2007 г. в 14 часов 00 минут на  
заседании диссертационного совета К 002.239.01 при Институте океанологии им.  
П. П. Ширшова РАН по адресу: 117997 Москва, Нахимовский проспект, 36.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института океанологии им.  
П. П. Ширшова РАН по адресу: 117997 Москва, Нахимовский проспект, 36.

Автореферат разослан "12" января 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат географических наук

  
Панфилова С.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Вислинский залив – крупнейший бесприливный бассейн лагунного типа на Балтийском побережье. Он находится в геохимической барьерной зоне река-море и играет роль естественного фильтра для растворенного и взвешенного материала на его пути с суши на море, в чем заключается специфика осадкообразования. С другой стороны, залив относится к водным объектам с интенсивным хозяйственным использованием. Антропогенная нагрузка на него обуславливает геоэкологическую специфику седиментогенеза, а также актуальность изучения взвешенных осадочных частиц как основных носителей загрязнений, а донных осадков – как природных индикаторов масштаба техногенного влияния на прибрежно-морские экосистемы. Строительство и реконструкция причалов, дамб, решение проблем заносимости каналов, разработка песчаных карьеров также требуют детальных знаний о процессах современного осадконакопления и возможных тенденциях их развития.

Вместе с тем, современный уровень знаний по проблеме седиментогенеза залива значительно отстает от уровня, достигнутого, например, при изучении соседнего Куршского залива или же сопредельного участка моря. Анализ литературных данных (Pratje, 1936; Gros, 1938; Brockmann, 1954; Гидрометеорологический режим..., 1971; Hydrometeorologiczny..., 1975; Гидрометеорологические условия..., 1985; Процессы..., 1987;) показывает, что многие важнейшие стороны осадочного процесса ранее не рассматривались, либо затрагивались частично. Так, неизученной оказалась стадия нахождения осадочного материала во взвешенном состоянии; не выделены типы осадков и не выявлена их динамика; не выяснены условия осадконакопления в зимний период; не дана оценка процессам взмучивания и биотурбации осадков; не рассчитаны баланс осадочного материала, скорости седиментации и т.д.

Многие вопросы удалось решить в ходе исследований, проводимых в заливе с 1992 г. Атлантическим отделением Института океанологии им. П.П.Ширшова. В результате получены новые данные, появился ряд публикаций по осадочному процессу (Чечко, 1999, 2002, 2003, 2004, 2005; Kerpivisha, 1991; Чубаренко, 1994; Блажчишин, 1995; Uscinowicz, Zachowicz, 1996; Blazchishin, 1998; Емельянов и др., 1998; Chechko, 2002; Chechko, Blazchishin, 2002; Kravchishina, 2002; Chechko et al., 2005). Однако разрозненные статьи не дают исчерпывающего представления об этом сложном многофакторном процессе, поэтому обобщение накопившихся сведений стало назревшей и весьма актуальной задачей. Несомненный интерес представляет сравнение процессов, происходящих в Куршском и Вислинском заливах, как бассейнах с преимущественно речным и морским влиянием.

**Цель работы.** Изучение процессов осадкообразования в современном лагунном водоеме на примере Вислинского залива Балтийского моря.

#### **Задачи исследования:**

1. Изучить количественный и вещественный состав водной взвеси и выявить закономерности ее пространственно-временной изменчивости.
2. Оценить роль ветроволнового и антропогенного взмучивания донных осадков в седиментогенезе.
3. Выявить характер распределения основных типов донных осадков, их фракций и определить многолетнюю динамику верхнего (0-5 см) слоя осадков.
4. Рассчитать баланс осадочного материала, скорости современного осадконакопления и провести районирование акватории залива по условиям седиментации.
5. Проанализировать процессы седиментогенеза в Вислинском и Куршском заливах как бассейнах лагунного типа с преимущественно морским влиянием в первом из них, и речным влиянием - во втором.

**Фактический материал и методы исследования.** В основу диссертации положены материалы, собранные в многочисленных экспедициях по изучению залива, морского канала и устьев рек, впадающих в залив. Отбор и изучение донных осадков и взвеси проводились по методикам, принятым в практике морских геологических исследований (Кузнецов, 1949; Лисицын, 1956; Безруков, Лисицын, 1960; Петелин, 1967; Богданов, Лисицын, 1968). Вертикальные потоки взвешенного осадочного материала изучались методом ловушек-накопителей и седиментационных сосудов. Воздушная взвесь собиралась при помощи оригинальной плавающей ловушки, а также со снежного покрова на поверхности льда залива.

Всего было исследовано более 2000 проб донных осадков. Изучено около 2000 проб фильтрационной взвеси и 136 проб взвеси, полученных методом ловушек – накопителей.

**Личный вклад автора.** Все основные результаты и выводы, изложенные в работе, диссертантом получены самостоятельно. Отбор материала в экспедиционных условиях, все виды анализов (за исключением химических и биологических) и камеральная обработка аналитического материала также выполнены автором. Он был участником практически всех экспедиций и основным исполнителем договорных работ по изучению залива, автором научных программ и экспериментальных исследований, разработчиком и изготовителем научного оборудования.

#### **Научная новизна работы:**

1. Впервые на основе многолетних наблюдений выявлены закономерности количественного распределения водной взвеси Вислинского залива, особенности ее сезонной динамики, вещественного и размерного состава. Изучен режим взвеси в зимний период, под покровом льда.
2. Впервые выполнены детальные натурные исследования процессов ветроволнового и техногенного взмучивания донных осадков и получены их количественные характеристики.
3. Изучены донные осадки российской части залива, составлены схемы распределения их основных гранулометрических типов и фракций. Выявлена

динамика верхнего (0-5 см) слоя осадков за последние 40 лет.

4. Впервые дана оценка степени биотурбации донных осадков и выявлена ее пространственная неоднородность.

5. На основе оригинальной методики произведены натурные измерения вертикальных потоков аэрозолей на поверхность залива.

6. На основе собственных и литературных данных составлен баланс осадочного материала Вислинского залива. Рассчитаны скорости осадконакопления за последние 100 лет, которые составляют в среднем 0,4 мм/год. Проведено районирование залива по условиям осадконакопления.

7. Выявлены существенные различия процессов седиментогенеза в Вислинском и Куршском заливах.

#### **Основные защищаемые положения:**

1. Пределы содержания водной взвеси в Вислинском заливе составляют 4 – 183 мг/л, средняя концентрация, полученная на основе 1900 проб – 31 мг/л. Максимум взвеси приходится на июнь-июль, минимум – на январь-март (период ледостава), когда ее концентрация не превышает 4 – 10 мг/л. По доминирующим компонентам взвесь относится к терригенному, переходному и органогенному типам. Терригенный тип определяется преимущественно речным стоком и синоптическими ситуациями, органогенный – сезонностью.

2. Важнейший источник водной взвеси – ветроволновое и техногенное взмучивание донных осадков, обуславливающее доминирование в водной толще терригенных частиц, поднятых со дна залива. Их количество не влияет на пополнение осадков, поэтому, при высоких величинах вертикальных потоков осадочного материала (150—200 кг/м<sup>2</sup>/год), заливу присущи низкие скорости осадконакопления (0,4 мм/год).

3. В заливе накапливаются терригенные осадки с небольшой примесью биогенной компоненты. Их верхний (0 – 5 см) слой не является стабильной субстанцией, он характеризуется высокой динамичностью с горизонтальным (ветроволновое воздействие) и вертикальным (биотурбация) перераспределением осадочных частиц. В результате происходит вынос наиболее тонких фракций за пределы бассейна (например, за последние 40 лет площади распространения глинистых алевритов сократились на 10 %).

4. Данные баланса осадочного материала свидетельствуют о терригенном процессе современного осадконакопления, а также о явном преобладании выноса осадочного вещества за пределы бассейна (83% от всего поступившего), над его аккумуляцией. Это отражается на относительно низких для залива скоростях современного осадконакопления, составляющих в среднем около 0,4 мм/год за последние 100 лет.

**Практическое значение работы.** Выводы по специфике перемещения обломочного материала, составленные автором схемы распределения осадков и их фракций, использовались (в частности, ФГУП “Росморпорт”) при решении проблем навигации и заносимости судоходного канала. Полученные результаты могут быть использованы рыбопромысловыми организациями для разработки стройматериалов, при решении гидротехнических, берегозащитных, и

геоэкологических проблем. Данные, приводимые в работе, безусловно, представляют интерес при решении таких важных практических задач, как охрана этого водоема от загрязнения и рациональное использование его природных ресурсов. Результаты работы могут быть также использованы при чтении лекций по вузовским курсам океанологического профиля.

**Апробация работы.** Основные результаты исследования апробированы автором на коллоквиумах лаборатории прибрежных систем АОИОРАН; на 2-й областной научно-практической конференции (Калининград, 1996); на 8-й, 9-й, 11-й конференциях по комплексному изучению Атлантического океана (Калининград, 1997, 1999, 2003 гг.); на международных научно-технических конференциях (Калининград, 1999, 2000 гг.); на XIII и XVI международной школе морской геологии (Москва, 1999, 2005); на 5-й региональной конференции «Экологические проблемы Калининградской области и Балтийского региона» (Калининград, 2003); на XXI Международной береговой конференции «Прибрежная зона моря: Морфолитодинамика и геоэкология» (Светлогорск, 2004); на международном семинаре “Problems and prospects of coastal lagoon modeling by example of the Vistula and Curonian Lagoons, the Baltic Sea” (Svetlogorsk, 2004); на международных конференциях: “The fifth marine geological conference” (Vilnius, 1997), “The seventh marine geological conference “Baltic-7” (Kaliningrad, 2002), «The role of biodiversity in simple, physically driven ecosystems with special focus on sandy sediments» (Sopot, 2004); на симпозиумах: “16-th Baltic marine biologists symposium” (Klaipeda, 1999), “17-th Baltic marine biologists symposium” (Stockholm, 2001), “18-th Baltic marine biologists symposium” (Helsinki, 2003), на семинаре «Sediment transport in Rivers and Transitional Waters» (Gdansk, 2005).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 18 основных работ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, расположение и название которых такое же, как и в авторферате, и заключения. Содержит 41 иллюстрацию, 38 таблиц и занимает 183 страницы машинописного текста. Список литературы включает 163 библиографических ссылок, в том числе 63 на иностранные источники.

**Благодарности.** Диссертант глубоко благодарен своим научным руководителям, д.г.м.н. А.И. Блажчишину и д.г.м.н., проф. Е.В.Краснову. За помощь и ценные советы в процессе работы над диссертацией искренне признателен зав. лаб. прибрежных систем, к.ф.м.н. Б.В. Чубаренко, д.ф.м.н. В.Т. Паке и д.г.м.н., проф. Е.М. Емельянову – за оказанную поддержку и внимание, к.г.н. В.Л. Болдыреву и к.г.н. А.Н. Бабакову – за полезные рекомендации и практическую помощь в организации исследовательских работ. Благодарю также коллег, принимавших непосредственное участие в совместных исследованиях Вислинского залива – В.И. Шкуренко, В.Ф. Дубравина, В.Ю. Курченко, Е.Е. Ежову, А.Ф. Кулешова.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Введение

Обосновываются актуальность и новизна, формулируются цели и задачи работы, защищаемые положения, практическое значение.

### Глава 1 Условия осадконакопления

*1.1 Морфометрическая характеристика.* Вислинский залив расположен в юго-восточной части побережья Балтийского моря и представляет собой узкую, вытянутую вдоль берега лагуну. Это – вторая по размерам лагуна бассейна Балтийского моря с площадью водного зеркала  $838 \text{ км}^2$ , из которых  $510 \text{ км}^2$  – акватория России. Объем котловины  $2,3 \text{ км}^3$ , максимальная глубина  $5,2 \text{ м}$ , средняя –  $2,8 \text{ м}$ . Наибольшая ширина –  $11,2 \text{ км}$ , наименьшая –  $5,8 \text{ км}$ . От моря залив отделяется песчаной косой-пересыпью и соединяется с ним проливом (шириной  $400 \text{ м}$  и глубинами  $8 - 12 \text{ м}$ ). По средней части залива проходит государственная граница, делящая его на российскую (восточную) и польскую (западную) административные части.

*1.2 Гидрологический и гидрохимический режимы* Вислинского залива определяются метеорологическими условиями, водообменом с морем, значительным притоком речных вод и его мелководностью. После зарегулирования в 1916 г. стока р. Вислы гидрологический режим залива претерпел значительные изменения, среди составляющих баланса на первое место вышел водообмен через Балтийский пролив.

Водный баланс залива складывается из прихода –  $21,17 \text{ км}^3$  (поверхностный сток –  $3,7 \text{ км}^3$  (17,0%), атмосферные осадки –  $0,50 \text{ км}^3$  (2,4%), приток морских вод –  $17,00 \text{ км}^3$  (80,3%), подземный сток  $0,07 \text{ км}^3$  (0,3%) и расхода –  $21,17 \text{ км}^3$  (сток из залива в море –  $20,52 \text{ км}^3$  (96,9%), испарение –  $0,65 \text{ км}^3$  (3,1%) (Гидрометеорологические условия..., 1985).

*Волнение* в заливе – важнейший регулятор современного осадконакопления, обуславливающий взмучивание и переотложение осадков (Чубаренко, 1994; Блажчишин, 1995). В заливе преобладают ветровые волны, их размеры определяются скоростью ветра и глубиной места. В течение года наибольшую повторяемость имеет волнение I-II балла ( $0,25-0,75 \text{ м}$ ). Волны вследствие мелководности короткие и крутые, максимальные расчетные их параметры следующие: высота (при скорости ветра  $30 \text{ м/сек}$ ) –  $2,4 \text{ м}$ , длина –  $14 \text{ м}$  и период  $3,5 \text{ сек}$  (Гидрометеорологический режим..., 1971).

*Течения* неустойчивы и нерегулярны, по продолжительности и силе преобладают ветровые течения. Вследствие мелководности и малых размеров бассейна, они быстро возникают вслед за усилением ветра, охватывают движением всю толщу воды, и быстро затухают с прекращением ветра. Большое влияние на литодинамические процессы в заливе оказывают *сгоны* и *нагоны*. Общее понижение уровня воды (сгон) связано с длительными юго-западными и южными ветрами, повышение его (нагон) – с ветрами западных и северо-

западных направлений.

*Ледовые условия* также влияют на седиментацию твердых осадочных компонентов. Заморозание залива сокращает срок деятельности волнения и течений на несколько месяцев. Средняя продолжительность ледового периода в заливе 67 – 75, максимальная – 140 суток.

По *солёности* залив можно классифицировать как опресненный морской водоем с преобладающим влиянием морских факторов. В районе пролива солёность колеблется в пределах 5,5 – 7,5 ‰, в южной части залива в пределах 1,5 – 3,5 ‰, а в среднем для залива солёность составляет 3,80 ‰. Содержание кислорода в среднем составляет 11 мг/л (Сенин и др., 2004). Воды залива имеют щелочную реакцию (в среднем 8,5 рН), концентрация фосфора и нитратов не превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов. По концентрации хлорофилла «а» залив соответствует эвтрофному водоему (Александров, 2002; Сенин и др., 2004).

### *1.3 Основные источники поступления седиментационного материала.*

Основным источником осадочного материала ранее была р. Висла, поставлявшая в залив ежегодно 0,3 – 0,4 млн. м<sup>3</sup> аллювия. После зарегулирования в 1916 г. ее стока количество аллювия резко сократилось, тем не менее, твердый сток рек (в среднем 104 тыс. тонн в год) продолжает по-прежнему оставаться главным источником терригенных веществ. В тоже время возросла роль водообмена через Балтийский пролив – с морскими водами в залив ежегодно поступает около 76,5 тыс. тонн осадочного материала

Ежегодное количество поступающего воздушным путем материала, рассчитанное на основе натуральных данных, составляет в среднем 4 тыс. тонн, абразивный материал оценивается в 19 тыс. тонн (при более детальном исследовании эти цифры могут измениться в сторону увеличения).

*Фитопланктон* залива представлен 78 массовыми видами водорослей, среди которых 35 % принадлежит диатомовым, 35 – зеленым и 30 % сине-зеленым. Сезонная динамика биомассы фитопланктона характеризуется двумя пиками – весенним и летним, в периоды которых биомасса фитопланктона достигает 2,2 и 3,5 г/м<sup>2</sup>. В среднем за год биомасса составляет 1,8 г/м<sup>2</sup> (Крылова, Науменко, 1992).

*Зоопланктон* представлен 46 видами: коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными. В сезонной динамике численности и биомассы зоопланктона отмечаются два пика: в апреле-мае и в августе-сентябре. В периоды подъемов биомасса достигает 1,8 г/м<sup>3</sup>, составляя в среднем за вегетационный период 0,9 г/м<sup>3</sup>. Основную роль в биомассе (до 80 %) играют веслоногие ракообразные (Науменко, 1992; 2001).

Согласно расчетам (Александров, 2002) средняя многолетняя *первичная продукция* в заливе оценивается примерно в 300 г С·м<sup>-2</sup> год<sup>-1</sup>, что соответствует 525 тыс. т органического вещества. По нашим наблюдениям, с речным стоком в залив ежегодно поступает 31,2 тыс. т биогенного материала, а путем водообмена с морем – 45,9 тыс. т. Соотношение *первичная продукция/деструкция* для столба воды равно 1,1 (Александров, 2002).

*Бентос* в основном представлен 5 группами: хирономиды, олигохеты, полихеты, брюхоногие моллюски и остракоды. Биомасса бентоса на станциях колеблется от 0,2 до 452 г/м<sup>2</sup>. Наиболее продуктивная зона расположена в районе, примыкающем к морскому проливу, где биомасса в среднем составляет не менее 100 г/м<sup>2</sup>. Основная роль в механическом преобразовании осадков принадлежит двум видам полихет – аборигенной *Nereis diversicolor* и чужеродной *Marenzelleria viridis*, вселившейся 20 лет назад.

## Глава 2 Материалы и методы

Фактический материал был собран автором в экспедиционных работах на 805 станциях в заливе, навигационном канале и устьях рек, впадающих в залив, в период 1992 – 2005 гг. (рисунок 1). Отбор и изучение осадков и взвеси проводились по методикам, принятым в практике морских геологических исследований (Лисицын, 1956; Безруков, Петелин, 1960; Богданов, Лисицын, 1968). Пробы осадков отбирались дночерпателем Петерсена, ударной прямоточной трубкой (D=72 мм), трубкой Ниемисте и буром геолога. Пробы водной взвеси отбирались методом вакуумной фильтрации на мембранные ядерные (размер пор 0,45 мкм) и стекловолоконные фильтры (размер пор ~ 1 мкм). Вертикальные потоки взвешенного осадочного материала изучались методом ловушек-накопителей (Анцыферов, 1987; Hargrave, Burns, 1979) и седиментационных сосудов (Семенович, 1966; Лисицын, 1974).

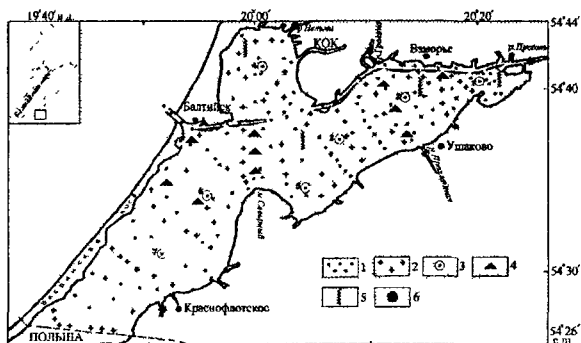


Рисунок 1 – Расположение станций. 1 - отбора проб донных осадков и водной взвеси, 2 - отбора проб донных осадков, водной взвеси и изучения биотурбации; 3 - мониторинга; 4 - установок пирамид с ловушками-накопителями; 5 - опробования мощности донных отложений при помощи бура геолога, 6 - исследований в устьях рек

Воздушная взвесь собиралась при помощи оригинальной плавающей ловушки, а также со снежного покрова на поверхности льда залива.

Всего было получено более 2000 проб донных осадков, для 900 из них

выполнен гранулометрический анализ ситовым и водно-механическим методами (Петелин, 1967) и осуществлена классификация по методике П. Л. Безрукова и А. П. Лисицына (Безруков, Лисицын, 1960). В 166 пробах определены физико-механические свойства осадков, для 65 проб выполнен минералогический (иммерсионный) анализ. Проведено 45 химических определений  $\text{CaCO}_3$  и 123 определений  $\text{C}_{\text{орг}}$ , в 45 пробах определены концентрации тяжелых металлов.

Методом фильтрации получено 2040 проб взвеси (из них 64 в период ледостава) с определением количественного состава. В 308 из них определен вещественный состав взвеси, в 196 – содержание валового органического вещества. 308 проб было подвергнуто гранулометрическому (микроскопическому) анализу, 32 – минералогическому. 135 проб взвеси получено методом ловушек-накопителей, для всех выполнен гранулометрический анализ. В 76 пробах водной взвеси определено содержание органического углерода ( $\text{C}_{\text{орг}}$ ). В 13 пробах аэрозолей определен количественный, вещественный и гранулометрический состав.

В 150 пробах определены видовой состав, численность, биомасса бентоса и глубина слоя биотурбации. Пробы бентоса обрабатывались в группе биологии АОИОРАН (Е.Е. Ежова), химический состав взвеси и донных осадков был выполнен в группе гидрохимии АОИОРАН (аналитик Н.Г. Кудрявцев), частично в лаборатории АтлантНИРО.

### **Глава 3 Основные закономерности распределения и формирования взвешенного осадочного материала (водной взвеси)**

*3.1 Пространственное распределение взвеси.* Концентрация взвеси в толще вод залива колеблется в пределах 4 – 183 мг/л и в среднем (для российской части) составляет 31 мг/л. Схема распределения взвеси, составленная путем осреднения многолетних (1992 – 1999 гг.) данных для безледного периода, представлена на рисунке 2.

Постоянно повышенными (более 30 мг/л) содержаниями взвеси характеризуются восточная, юго-западная части залива и прибрежная полоса. Это обусловлено поставкой взвешенного материала реками, а также эффектом ветроволнового взмучивания осадков на мелководье. Комплексное влияние этих факторов способствует формированию здесь постоянно наблюдаемой зоны с увеличенным содержанием терригенной компоненты во взвеси. В районе Балтийского пролива, испытывающего непосредственное влияние морских вод, концентрация взвеси относительно невысокая (10 – 20 мг/л), в ее составе преобладают биогенные автохтонные частицы – мертвые тела и обрывки мало измененной органики фито- и зоопланктона, а также остатки «свежей» растительности.

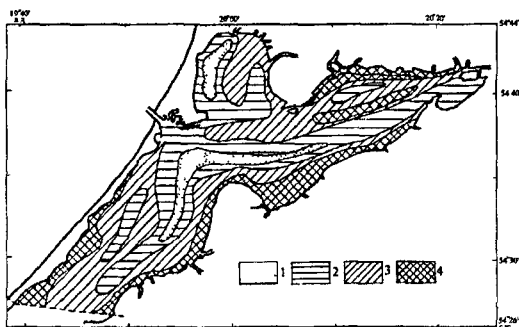


Рисунок 2 - Распределение концентрации водной взвеси в поверхностном (0-50 см) слое воды, мг/л: 1 - < 10; 2 - 10 - 20; 3 - 20 - 30; 4 - > 30

В Приморской бухте минимальные концентрации взвеси (5 – 18 мг/л) приурочены к западной половине, находящейся в волновой тени преобладающих западных ветров и, тем самым, лишенной такого внутреннего источника, как взмучивание осадков. Повышенными (25 – 30 мг/л) содержаниями взвеси характеризуется ее восточная часть, где локализованы основные источники взвешенного материала (реки Нельма и Приморская, Калининградский отводной канал, низкий глинистый клиф).

В придонном горизонте содержание взвеси, как правило, несколько выше и, в основном, повторяет схему ее распределения в поверхностном. Исключение составляют летние штилевые периоды, когда за счет развития в фотическом слое биогенного материала и отсутствия перемешивания вод концентрация взвеси на поверхности превышает таковую у дна.

**3.2 Гранулометрический и вещественный состав взвеси.** В целом, во взвеси залива преобладает (в среднем 54 %) мелкоалевритовая (0,05 – 0,01 мм) фракция. Более крупный материал представлен, преимущественно, биогенными частицами. Терригенные взвешенные частицы > 0,05 мм не имеют широкого распространения, они приурочены к придонному горизонту, прибрежной зоне и мелководным банкам.

Выделено три основных компонента взвеси: органический детрит (обрывки мягких частей фитопланктона и остатки растительности), кремнистые частицы (панцири и скелетные обломки диатомовых водорослей) и терригенный материал, представленный, в основном, минеральными частицами. В зависимости от их соотношения в водах залива формируются три типа взвеси – терригенный, переходный и органогенный, с содержанием органического вещества до 30%, 30 – 50 % и более 50% соответственно. Терригенный тип распространен в районах выносов рек, на мелководьях и в прибрежной полосе. Органогенный тип взвеси доминирует в верхних горизонтах в центральном районе, Приморской бухте, а также юго-западной части залива. Переходный тип,

сложенный взвесью смешанного состава, встречается локально, между зонами распространения терригенного и органогенного типов взвеси, а также между поверхностным и придонным горизонтами.

**3.3 Особенности сезонной динамики.** В заливе выявлен четко определяемый ежегодный весенне-летний и несколько менее выраженный, характерный не для каждого года, осенний максимумы в распределении взвешенного вещества. Весенне-летнее увеличение связано с одновременным поступлением речной терригенной взвеси в весенний паводок и возрастанием доли органической компоненты с началом развития фитопланктона. Содержание и состав взвеси осенью контролируется, преимущественно, процессами ветроволнового взмучивания. На фоне общего осеннего снижения содержания взвешенных веществ отмечаются кратковременные их повышения в период штормов. В штормовой взвеси доминирует терригенный материал, биогенная компонента редко превышает 45%. Зимой, под покровом льда, содержание взвеси минимально и колеблется в пределах 5 – 9 мг/л.

#### **Глава 4 Взмучивание донных осадков и его роль в формировании взвешенного осадочного материала**

**4.1 Ветроволновое взмучивание.** Мелководность залива, открытость его акватории для преобладающих в регионе ветров западных румбов, наличие обширных площадей дна со слабо уплотненными, легко взмучивающимися илстыми отложениями создают идеальные условия для активных процессов ветроволнового взмучивания осадков (Чубаренко, 1994; Blazchishin, Chechko, 1997; Блажчишин, 1998). Между скоростью ветра и концентрацией взвеси выявлена прямо пропорциональная нелинейная зависимость. Наибольшему взмучиванию подвержена восточная часть залива. При воздействии западных, северо-западных ветров за счет перехода во взвешенное состояние уже отложившегося осадочного материала, концентрация взвеси в этом районе возрастает до 60 – 80 мг/л.

Результаты литодинамического эксперимента с постановкой ловушек-накопителей позволили получить количественные характеристики процессов ветроволнового взмучивания осадков, отражающие различные гидрометеорологические ситуации. В штилевой период скорости накопления ловушек взвесью незначительны и мало менялись по глубине. Вертикальные потоки осадочных веществ при этом составляли 1,8 – 15,0 кг/м<sup>2</sup>/год, что соответствовало скоростям осаждения материала в период ледостава (1,5 – 2,5 кг/м<sup>2</sup>/год). С усилением ветра до 6 – 9 м/сек, за счет ветроволнового взмучивания осадков концентрация взвеси увеличивалась в сотни раз, что сказывалось на более высоких скоростях наполнения ловушек с максимальными их значениями в придонных горизонтах. В такие периоды величины вертикальных потоков осадочного материала достигали 60 – 200 кг/м<sup>2</sup>/год.

Вещественный и гранулометрический состав взвеси в ловушках показывает тесную связь составов взвеси и подстилающих донных отложений. Так,

например, пштормовая взвесь из ловушек состоит на 91 – 96 % из терригенного материала, т.е., представляет собой осадочные частицы, поднятые со дна залива и не влияющие, в итоге, на пополнение осадков. Выявлено, что интенсивное взмучивание донных осадков в заливе осуществляется при ветрах, достигающих скорости 5 м/сек и более. В разные сезоны этими процессами охвачено от 40 до 100% акватории. Окончательным результатом взмучивания является перераспределение компонентов осадков в бассейне с выносом наиболее тонких из них за его пределы.

*4.2 Антропогенное взмучивание.* Помимо естественного, на отдельных участках залива ключевую роль в формировании «вторичной взвеси» играет антропогенное взмучивание. Это касается, прежде всего, зоны морского навигационного канала, где донные осадки размываются течениями, вызванными турбулизирующим действием судовых винтов, и подвергаются прямому физическому воздействию рабочих механизмов дночерпательных средств. Путем натурных измерений получены расчетные соотношения, характеризующие изменения в количестве и составе водной взвеси в канале, обусловленные движением судов и работой землесосов. Они показали, что в результате техногенного воздействия в канале и прилегающих к нему участках залива сформировалась область с постоянно повышенными содержаниями взвеси, которые в среднем на 20-30% выше содержаний взвеси в заливе. По образованию взвесь в канале можно классифицировать как природно-техногенную, часть ее формируется за счет естественных процессов – твердого стока рек, продуцирования органического вещества, поступления с акватории залива, другая часть – за счет антропогенных факторов, основными из которых являются движение судов и проведение дноуглубительных работ.

## Глава 5 Закономерности распространения донных осадков и их динамика

*5.1 Гранулометрические типы донных осадков.* Основными факторами, определяющими формирование и пространственное распределение поступающего в залив осадочного материала и его гранулометрического состава, выступают гидродинамические обстановки, твердый сток рек, состав отложений дна и береговой зоны. В заливе распространены терригенные донные осадки с небольшой примесью биогенной компоненты. По методике (Безруков, Лисицын, 1960) выделены основные гранулометрические типы осадков (валуно-галечные, пески разнозернистые, крупные алевриты, мелкоалевритовые илы, алевритово-пелитовые илы) и составлена картосхема их распределения для российской половины водоема (рисунк 3).

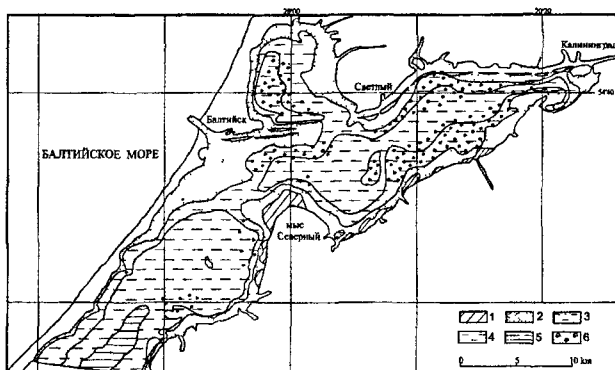


Рисунок 3 – Схема распределения донных осадков в северо-восточной части Вислинского залива (Shechko, Blazhchishin, 2002, с изменениями), слой 0-7 см. Типы осадков: 1 – валунно-галечные, 2 – пески разнозернистые, 3 – крупные алевролиты, 4 – мелкоалевритовые илы, 5 – алевроитово-пелитовые илы, 6 – ракушьяк, покрытый слоем (5-15 см) ила, алевроита

Валунно-галечными отложениями покрыты небольшие локальные участки дна южного побережья, приуроченные к выходам морен последнего оледенения. Пески занимают около 26 % площади дна. Они протягиваются в виде сплошной прибрежной полосы до глубин 1,5 – 2,0 м и представлены хорошо сортированными ( $S_0 = 1,7 - 2,0$ ) средне- и мелкозернистыми песками. Обширные массивы таких песков сосредоточены в районе пролива, юго-восточной прибрежной зоне, а также в восточной части Приморской бухты. Крупными алевролитами покрыто 27 % площади дна, они окаймляют зону песков, располагаясь мористее них. В районе м. Северный - Балтийский пролив они занимают все свободное от песков дно, включая и срединные, углубленные участки.

Наиболее распространенным типом современных осадков являются мелкоалевритовые илы – уплотненные, сильно обводненные (до 75 % воды) отложения темных оттенков. Они занимают около 41 % площади дна, все углубления в западной половине Приморской бухты, юго-западной и восточной частях залива. Алевроитово-пелитовые илы в российской части залива имеют ограниченное распространение, они отмечены лишь на небольшом участке в юго-западной области. По физическим свойствам и ассоциирующей фауне они подобны мелкоалевритовым илам, характеризуются плохой сортировкой ( $S_0$  в среднем 2,62) и преобладанием (до 52 %) пелитовой фракции.

5.2 *Закономерности распределения размерных фракций.* На основе гранулометрического анализа донных осадков построены схемы распределения процентного содержания песчаной, крупноалевритовой, мелкоалевритовой и пелитовой фракций, дающие представление об основных закономерностях механического перемещения и дифференциации осадочного материала.

Максимальные (более 90 %) содержания песчаной фракции (1,0 – 0,1 мм) обнаруживаются в осадках прибрежной полосы, мелководных банок и на обширном участке, примыкающем к проливу. Характер распределения обломочного песчаного материала зависит, прежде всего, от интенсивности волновой нагрузки и течений. В наиболее глубоких, срединных участках песчаная фракция является примесью, и ее содержание не превышает 10 %. Минимальные значения крупноалевритовой фракции (0,1 – 0,05 мм) соответствуют размещению песков, максимальные (40 – 50%) – зоне распространения крупных алевритов и приурочены к глубинам 2 – 3 м., т.е., крупноалевритовая фракция в основном входит в состав крупных алевритов. Мелкоалевритовая фракция (0,05 – 0,01 мм) накапливается в срединных, наиболее глубоких местах, в осадках вблизи берега ее содержания незначительны. Распределение наиболее тонкого материала осадков – пелитовой фракции – принципиально повторяет схему распределения мелких алевритов. Отличие заключается в том, что с прибрежной полосы глинистый материал выносится полностью, в ряде проб, полученных здесь, осадки вообще его не содержат.

**5.3 Биотурбация донных осадков.** Помимо волновой нагрузки, около 80 % площади дна залива подвергается активному воздействию донной биоты. Выявлена пространственно-временная изменчивость степени переработки осадков донными организмами. Это наглядно отражено на схеме биотурбации осадков, составленной на основе оригинальной методики.

Очень сильно выраженная (более 90 %) степень биотурбации характерна для района, примыкающего к Балгийскому проливу, где выявлена и наибольшая глубина биотурбированного слоя осадков – 40 см. В восточном и юго-западном направлении от него, а также от осевой линии залива к берегам происходит устойчивое снижение мощности слоя переработки, вплоть до полного отсутствия признаков биотурбации.

Деятельность организмов приводит к образованию своеобразных биотурбационных текстур, определяемых по наличию ходов донных животных, а также различного цвета пятен, песчаных гнезд, деформации слоев, ракушечного детрита. Как правило, верхний (0 – 18 см) слой осадков нарушен ходами червей (до 1000 и более на м<sup>2</sup>) различного диаметра, глубже встречаются только отдельные вертикально ориентированные ходы крупного (5 – 8 мм) диаметра. Ниже горизонта 40 см следов жизнедеятельности макрозообентоса в заливе не обнаружено.

Главные биотурбаторы – полихеты *Nereis diversicolor* и *Marenzelleria viridis*. Основной вклад в биотурбацию вносит вид-вселенец *M. viridis*, численность которого варьирует в пределах 1000 – 2400 экз/м<sup>2</sup>. Эксперименты с мечеными частицами показали, что полихеты перемещают осадок в вертикальном направлении, в основном сверху вниз. Популяция нерейса в среднем перерабатывает таким образом около 15 кг/м<sup>2</sup> осадков, а маренцеллерии – 2,5 кг/м<sup>2</sup>.

**5.4 Динамика верхнего (0 – 5 см) слоя донных осадков.** Длительное время

осадконакопление в Вислинском заливе (в его юго-западной части особенно) определялось р. Вислой, поставлявшей ежегодно 300 – 400 тыс. тонн аллювия, что в 4 – 5 раз превышало объем твердого стока всех остальных рек. В 1916 г. после зарегулирования речного стока определяющее влияние речных факторов на процессы седиментации стало ослабевать, в свою очередь, возросла роль волнения и водообмена через Балтийский пролив.

Изменения в пространственном распределении основных типов осадков за последние 40 лет рассмотрены путем сравнения картосхем, составленных на основе классификации Ф. Шепарда по материалам съемок 1959-1966 и 1995-2000 гг.. Уменьшение твердого стока рек отразилось, прежде всего, на западной части залива, где создавшийся дефицит осадочного материала вызвал размыв ранее отложенных осадков и вынос наиболее тонких частиц в море или другие районы залива. В связи с этим площади, занимаемые пелитовыми (глинистыми) алевритами (clayey silt) сократились с 29 до 20 %.

Серьезные изменения произошли на участке дна, примыкающем к Балтийскому проливу. Существовавшая здесь сплошная полоса алевритов (silt) оказалась разорванной, в месте разрыва они полностью замещены песчаными алевритами (sandy silt) и песками (sand), которые частично поступают с моря. В то же время произошло увеличение площади распространения алевритов (silt) в восточной части залива и Приморской бухте.

Территории, занимаемые различными типами осадков, за 40 лет претерпели существенную трансформацию. Произошло увеличение ареала песков и алевритов, и значительно сократились площади песчаных и пелитовых алевритов. В процентном отношении это выглядит следующим образом: территории, занятые песками и алевритами, увеличились с 21 % до 27% и с 23 % до 29 %, а площади распространения песчаных и пелитовых алевритов сократились с 23 % до 17 % и с 29 % до 20 %, соответственно.

## **Глава 6 Баланс осадочного вещества и скорости современного осадконакопления**

*6.1 Баланс абсолютных масс осадочного материала.* На основании собственных наблюдений с привлечением литературных данных (Гидрометеорологический режим..., 1971; Гидрометеорологические условия..., 1985; Крылова, Науменко, 1992; Александров, 2002) рассчитаны основные элементы баланса осадочного материала (таблица 1). Анализируя данные, приведенные в этой таблице, можно сделать следующие выводы.

Наибольшее количество терригенного материала поступает в залив в виде взвешенных веществ с речным стоком (72,8 тыс. т/год) и из моря (30,6 тыс. т/год). Золотый материал и продукция размыва берегов и дна оцениваются в 23 тыс. т/год, однако, при более детальных исследованиях, эта цифра может увеличиться. Ежегодная продукция автохтонного биогенного материала достигает 525 тыс. т, дополнительно с речным стоком и из моря поступает 77,1 тыс.т. биогенного вещества.

Таблица 1 – Элементы баланса осадочного материала в Вислинском заливе

Элементы	Приход						Расход				
	Речной сток	Поступление с моря	Атмосферные осадки	Абразия, эрозия и эоловый принос	Продуцированные организмми	Всего	Вынос в море	Испарение	Осаждение на дно	Растворение и минерализация	Всего
Жидкий сток, км <sup>3</sup> /год	3,67 *	17,0 *	0,50 *			21,5 *	20,5 *	0,65 *			21,1 *
Концентрация взвеси, мг/л	27,2	4,4					17,0				
Терригенный материал, тыс т в год	72,8	30,6		23,0		125,4	104,5		20,9		125,4
Биогенное вещество, тыс. т в год	31,2	45,9		1,0	525,0 **	603,1	243,9		8,3	350,9 **	603,1
Всего осадочного материала, тыс т в год	104,0	76,5		23,0	525,0	728,5	348,4		29,2	350,9	728,5

\* - Гидрометеорологические условия. ., 1985;

\*\* - Крылова, Науменко, 1992, Александров, 2002

В расходной части баланса устойчиво преобладает вынос терригенного материала в море (104,5 тыс. т/год, или 83% от всего поступившего терригенного материала) над его осаждением (20,9 тыс. т). Большая часть (58%) биогенного материала растворяется и минерализуется, 41 % выносятся в море, на дно осаждаются около 1,1% биогенного вещества.

Сравнение величин поступления терригенного и биогенного материала указывает на доминирование процессов биогенного характера, на высокие темпы продуцирования органики. Однако на дно осаждаются незначительное ее количество, что свидетельствует об очевидном преобладании терригенного процесса в современном осадкообразовании. Участие биогенной составляющей сводится, в основном, к круговороту органических веществ и жизнеобеспечению организмов.

*6.2 Скорости осадконакопления.* Заполнение залива водой началось примерно 5 тыс. лет назад (Gross, 1941). Примерно этот же возраст ( $5180 \pm 150$  л.н.) основания лагунных гиттий Вислинского залива по радиоуглеродной датировке приводят другие авторы (Uscinowicz, Zachowich, 1996). Мощность лагунных отложений по данным бурения в юго-западной части залива составляет 5,62 – 15,46 м, в Приморской бухте – 14,05 м, в восточной части залива от 6,3 до 15,7 м, что соответствует скоростям осадконакопления за последние 5 тыс. лет 1,12 – 3,4 мм/год или, в среднем для всего залива, 2,19 мм/год. Скорости осадконакопления для территории залива за последние 8000 лет (1,93 мм/год), вполне сравнимые с вышеприведенными, получены по споропальцевым датировкам (Zachowich, 1985).

Репером для определения мощности современных отложений послужил ракушечный слой, образованный примерно 90 лет назад в период зарегулирования р. Вислы (Lundbeck, 1928, 1935) В юго-западной части залива, где маркирующие горизонты ракушняка не всегда выделяются, изменение гидрологических условий отразилось прекращением отложения зеленовато-серых, обогащенных органикой илов. Определенная таким образом толщина слоя осадков, накопившихся за последние 90 лет, как правило, не превышает 10 см. Лишь на локальных срединных участках юго-западной и восточной котловин она достигает 20 – 30 см.

Таким мощностям отложений соответствуют невысокие темпы осадконакопления, варьирующие в пределах 0,2 – 0,5 мм/год. Исключение составляют отдельные, незначительные по площади аккумулятивные участки, на которых скорости накопления осадков достигают 2,5 – 3,5 мм/год. В среднем для залива за последние 90 лет скорость осадконакопления составила 0,4 мм/год, т.е., зарегулированность водосбора сказалась на снижении темпов седиментации. Современные скорости накопления осадков здесь ниже по сравнению с геологическим прошлым (2,19 мм/год), а также, по сравнению со скоростями современного осадконакопления в соседнем Куршском заливе (1,4 мм/год).

*6.3 Зоны седиментации.* Анализ распределения водной взвеси, основных типов донных осадков и их фракций, мощностей современных отложений выявил в заливе участки аккумуляции различной интенсивности, абразии и транзита осадочного материала, что свидетельствует о сложности и многообразии процессов седиментации. По условиям современного осадконакопления выделены четыре зоны седиментации, отличающиеся гидродинамическими условиями и морфологическими особенностями: восточная, центральная, юго-западная и Приморскую бухту.

Для восточной зоны характерны как участки интенсивного осадконакопления (2 – 3 мм/год), так и участки не отложения осадочного материала. Его распределение обусловлено флювиальными выносами рек Преголя, Прохладная, а также процессами ветроволнового взмучивания. Влияние этих факторов способствует формированию здесь наиболее высоких (в среднем 35 мг/л) для залива концентраций взвеси с большой долей (около 50 %) терригенной составляющей. Пески, крупные алевриты и мелкоалевритовые илы занимают примерно одинаковые площади дна, алевритово-пелитовые илы в восточной зоне отсутствуют. Практически повсеместно под слоем осадка (5 – 15 см) обнаруживается ракушечный горизонт. Донные осадки отличаются низкой степенью биотурбации.

Специфика осадконакопления в центральной зоне определяется интенсивностью водообмена с Балтийским морем, биопродуцированием органики и второстепенным поступлением флювиального осадочного вещества. По своим гидродинамическим условиям это область транзита материала мелкоалевритовой и пелитовой размерности. Среди осадков преобладают разнозернистые пески (54%) и крупные алевриты (29 %) с высокой степенью биотурбации. Характеризуется невысокими (около 20 мг/л) содержаниями

взвеси и доминированием в ее составе (55 – 60%) биогенной компоненты. Отличается незначительной мощностью современных отложений и наличием участков активной прибрежной абразии.

Юго-западная зона преимущественно аккумулятивная, с широким развитием мелкоалевритовых илов (62 % от площади дна). Ее особенность – аккумуляция в халистатических участках алевритово-пелитовых илов, отсутствующих в других седиментационных зонах, и наличие довольно значительных территорий современных отложений с мощностью 15 – 20 см.

В Приморской бухте осадки накапливаются в западной половине, где аккумулируются илистые отложения (мелкоалевритовые илы) Восточная, гидродинамически активная часть, характеризуется отсутствием отложения осадков и транзитом мелкозернистого осадочного материала. В ней широко развиты хорошо сортированные пески и крупные алевриты с незначительным содержанием или полным отсутствием более мелких фракций. Главное отличие взвешенного вещества Приморской бухты – высокое (около 62 %) содержание биогенной компоненты.

*6.4 Сравнительная характеристика процессов современного осадкообразования в Вислинском и Куршском заливах.* Выявлен ряд общих признаков, характерных для мелководных бесприливных бассейнов лагунного типа. Это, прежде всего, одинаково высокие средние (30 – 31 мг/л) содержания взвешенного в воде осадочного материала и широкий (3 – 183 мг/л) диапазон их колебаний; важнейшая роль ветроволнового взмучивания осадков в формировании водной взвеси; явно выраженный терригенный ход современной седиментации, масштабное переотложение осадков, сопровождающееся выносом мелкозернистых фракций за пределы бассейна; зональность осадконакопления, свидетельствующая о сложности и неоднородности этого процесса в заливах.

В то же время, процессы осадкообразования в каждом из заливов имеют ряд отличительных черт, обусловленных спецификой гидрологических режимов водоемов. Соотношение годовых объемов пресной и соленой воды, поступающей в заливы, составляет 1:5 в Вислинском и 4:1 в Куршском заливе, что позволяет судить о них как о бассейнах с преимущественно морским либо речным влиянием. Соответственно, основное количество (87 %) терригенного материала в Куршский залив поступает с речным стоком и лишь 1,6 % с морской водой, тогда как в Вислинский залив со стороны моря поступает уже 25 %, а на речной сток приходится не более 58 % поставляемого в водоем терригенного материала. Преобладание речного или морского влияния по-разному сказывается на количестве осадочного материала, аккумулируемого в бассейнах. Непосредственно в бассейне Куршского залива осаждается 74 % поступающего осадочного материала, а 26 % выносится в море. На дне Вислинского залива накапливается всего 16 % поступающего терригенного материала, а самая большая его доля (84 %) выносится в море (рисунки 4).

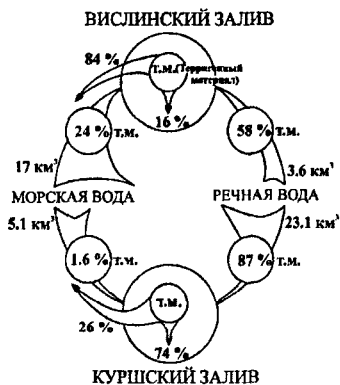


Рисунок 4 – Соотношение объемов терригенного материала, речной и морской воды, поступающих в Вислинский и Куршский заливы

Таким образом, современный этап осадконакопления в Вислинском заливе (морское влияние) характеризуется преимущественным выносом осадочного материала, в Куршском (речное влияние) – его аккумуляцией. Это, в итоге, отражается на скоростях седиментации, которые в среднем в Вислинском заливе в 3,5 раза ниже, чем в Куршском.

### Основные выводы

1. Вислинский залив характеризуется повышенным (в среднем 31 мг/л) содержанием водной взвеси, широким (4 – 183 мг/л) диапазоном колебаний и высокой степенью ее пространственно-временной изменчивости. Сезонная динамика взвеси имеет весенне-летний максимум (45 – 55 мг/л) и зимний, в период ледостава, минимум (4 – 11 мг/л). По гранулометрическому составу взвесь классифицирована как мелкоалевритовая и алевритово-пеллитовая, по соотношению в ее составе органических и терригенных частиц отнесена к терригенному, органогенному и переходному типам. Терригенный тип обусловлен преимущественно речным стоком и синоптическими ситуациями, органогенный – сезонностью.

2. Ветроволновое взмучивание – важнейший фактор формирования взвеси и переотложения донных осадков. Осадочный материал, поступивший в бассейн, фиксируется на дне не сразу, а путем многократного его взмучивания. Это является причиной доминирования в составе взвеси терригенных частиц, поднятых со дна, а также высоких величин послештормовых вертикальных потоков осадочного материала (150–200 кг/м²/год) при низких скоростях осадконакопления (0,4 мм/год). Процессы переотложения осадков сопровождаются выносом тонкозернистого материала в море или в другие районы водоема. Так, за последние 35 лет площади распространения глинистых

алевритов сократились с 29 % до 20 %.

3. На отдельных участках залива ключевую роль в формировании взвеси играет антропогенное взмучивание, что обуславливает постоянно повышенные (в среднем на 30 % по сравнению с заливом) содержания взвеси в навигационном канале и сопредельных участках. Часть ее формируется за счет естественных процессов (твердого стока рек, водообмена с акваторией залива, продуцирования органического вещества), другая часть – за счет техногенного взмучивания осадков проходящими судами и дноуглубительными работами (природно-техногенная взвесь).

4. В заливе накапливаются терригенные осадки с примесью биогенной компоненты, среди которых выделено 5 гранулометрических типов: валуно-галечные, пески, крупные алевриты, мелкоалевриновые илы и алевритово-пелитовые илы. В распределении осадков по дну выявлен циркумконтинентальный тип зональности, который осложняется спецификой гидрологического режима в области, примыкающей к проливу.

Верхний (0-10 см) слой осадков не является стабильной субстанцией, он динамичен, подвержен перетолжению под воздействием волновой нагрузки. За последние 40 лет произошло увеличение ареала песков (с 21 % до 27 %) и алевритов (с 23 % до 29 %), и сокращение территорий, занятых песчаными (с 23% до 17 %) и глинистыми (с 29 % до 20 %) алевритами.

5. Деятельность донных беспозвоночных животных приводит к образованию своеобразных биотурбационных текстур, вертикальному перераспределению осадочных частиц в верхнем (0-30 см) слое осадков и изменению их физико-механических свойств. Степень биотурбации осадков характеризуется значительной пространственной неоднородностью и отчетливо выраженной закономерностью: минимальной биологической переработке подвергнуты осадки в периферийных прибрежных участках, максимальной – в районе, примыкающем к проливу.

6. Данные баланса осадочного материала свидетельствуют о терригенном процессе седиментации и преобладании выноса осадочного вещества (104,5 тыс. т/год, или 83% от всего поступившего терригенного материала) над его осаждением (20,9 тыс. т). Это отражается на относительно низких темпах современного осадконакопления (в среднем 0,4 мм/год за последние 100 лет). По условиям седиментации в заливе выделяются 4 зоны: юго-западная (преимущественно аккумулятивная), центральная (зона транзита и абразии), восточная зона и Приморская бухта (с участками устойчивого осадконакопления и его отсутствия).

7. Осадконакопление в Вислинском и Куршском заливах характеризуется рядом общих закономерностей, присущих мелководным бассейнам лагунного типа. В тоже время, процессы аккумуляции и выноса осадочного материала демонстрируют противоположные тенденции, обусловленные преобладанием морского или речного влияния на ход седиментогенеза. Так, в Куршском заливе, где преобладает речное влияние, осаждается 74 % поступающего осадочного материала, а 26 % выносится в море. В Вислинском заливе вследствие морского

влияния осаждается всего 16 % материала, а большая часть (84 %) выносится в море. Таким образом, современному седиментогенезу в Вислинском заливе свойственен преобладающий вынос осадочного материала, в Куршском – его накопление, что, соответственно, сказывается на различных скоростях современного осадконакопления: в Куршском заливе они в 3,5 раза выше, чем в Вислинском.

#### Список основных работ по теме диссертации:

1. Блажчишин А.И., Бабаков А.Н., Чечко В.А.. Концентрация и состав взвешенных наносов Калининградского взморья // Проблемы изучения и охраны природы Куршской косы. Калининград, 1998. С 31-58
2. Чечко В.А. Эффект ре-суспензии и биотурбации в седиментогенезе мелководного бассейна на примере Вислинской лагуны Балтийского моря // XIII Междунар. школа по морской геологии. Тез. докл. М.: ИО РАН, 1999. Т. 1. С. 210-211.
3. Чечко В.А. Анализ пространственно-временной изменчивости взвешенного вещества Калининградского залива Балтийского моря // Водные ресурсы. 2002. Т.29, № 4. С. 425-432.
4. Ежова Е.Е., Чечко В.А. О зависимости распределения донных организмов от механического состава осадков Вислинской лагуны Балтийского моря // Комплексное изучение бассейна Атлантического океана. Калининград, 2003. С. 91-97.
5. Чечко В.А.. Особенности седиментации в эстуариях лагунного типа (на примере Вислинской и Куршской лагун Балтийского моря) // Закономерности гидробиологического режима водоемов разного типа / Ред. А.Ф. Алимов, М.Б. Иванова. М.: Научный мир, 2004. С. 172-175.
6. Чечко В.А., Чубаренко Б.В., Курченко В.Ю. Динамика концентрации водной взвеси в Калининградском морском канале в связи с движением судов и проведением дноуглубительных работ // Прибрежная зона моря: морфолитодинамика и геозкология / Ред. В.В. Орленок. Калининград: КГУ, 2004. С. 178 -180.
7. Чечко В.А. Опыт изучения седиментации в период ледостава в Вислинской лагуне Балтийского моря // XVI Междунар. школа по морской геологии, Москва, 14-18 ноября 2005 г.: Тез. докл. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 50 – 51.
8. Чечко В.А., Чубаренко Б.В., Курченко В.Ю. О роли антропогенного фактора в переносе осадочного материала в Вислинской лагуне // XVI Междунар. школа по морской геологии, Москва, 14-18 ноября 2005 г.: Тез. докл. М.: ГЕОС, 2005. Т. 2. С. 237-238.

9. Blazhishin A., Chechko V. Sedimentation and resuspension rates in the Vistula Lagoon // The fifth marine geological conference. Abstracts. Vilnius, 1997. P. 17.

10. Cubarenko B.V., Kuleshov A.F., Chechko V.A. Field study of spatial-temporal variability of suspended substances and water transparency in Russian part of Vistula lagoon // Monographs in systems ecology. Klaipeda, 1998. P.12-17.

11. Chechko V.A., Ezhova E.E. Deep-burrowing bioturbators as important ecological factor for the Vistula Lagoon // 16-th Baltic marine biologists symposium Abstracts. Klaipeda, 1999. P. 48-49.

12. Ezhova E.E., Chechko V.A., Pavlenko M.V. Influence of suspended matter on benthos distribution in the Vistula Lagoon, Baltic Sea // Baltic Sea Science Congress. Abstracts. Stockholm, 2001. P. 186.

13. Chechko V.A. Bottom sediments of the Vistula Lagoon // The seventh marine geological conference "Baltic-7". Kaliningrad, 2002. P. 25. .

14. Chechko V.A., Blazhchishin A.I. Bottom deposits of the Vistula Lagoon of the Baltic Sea // Baltica. 2002. Vol. 15. P.13 – 22.

15. Blazhchishin A.I., Babakov A.N., Chechko V.A. Sedimentation in the littoral zone and its geocology // Geology of the Gdansk basin, Baltic Sea / E.M Emelyanov (ed.). Kaliningrad: Yantarny Skaz, 2002. P. 462-469.

16. Chechko V., Ezhova E. Distribution of benthic animals in dependence of granulometric composition of sediments in the Vistula Lagoon, Baltic Sea // 18-th Baltic marine biologists symposium. Abstracts. Helsinki, 2003. P. 48-49.

17. Chubarenko B., Chechko V., Kurchenko V. Suspended sediment studies in the Vistula Lagoon and its navigational canal // Sediment Transport in Rivers and Transitional Waters. Gdansk, 2005. P. 40-45.

18. Polunina Ju., Chechko V. Effect of suspended matter on zooplankton in the Vistula Lagoon, Baltic Sea // The Baltic Sea changing ecosystem. Baltic Sea Science Congress. Abstracts. Sopot, 2005. P. 112.

Чечко Владимир Андреевич

**ПРОЦЕССЫ СОВРЕМЕННОГО ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ В  
ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук**

Подписано в печать 20.11.2006 г. Формат 60x90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага для множительных аппаратов. Ризограф. Усл. печ. л. 1,5.  
Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 100 экз. Заказ 397

Издательство Российского государственного университета им. И.Канта  
236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14