

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

ГЕРАСИМОВА МАРИНА ВАСИЛЬЕВНА

**ВЗВЕШЕННОЕ ВЕЩЕСТВО ВОДОТОКОВ
МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ (ВОСТОЧНЫЙ МУРМАН)
И ЕГО РОЛЬ В ПРИБРЕЖНОМ ОСАДКОНАКОПЛЕНИИ**

Специальность 25.00.28 - «Океанология»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Мурманск – 2004

Работа выполнена в Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии наук

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Г.А. Тарасов

Официальные оппоненты: доктор географических наук
Л.Г. Павлова
доктор географических наук
Ю.А. Павлидис

Ведущая организация: «Мурманское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»

Защита состоится «24» декабря 2004 г. в 14³⁰ ч. на заседании специализированного диссертационного совета Д 002.140.01 при Мурманском морском биологическом институте Кольского научного центра Российской академии наук по адресу: 183010 г. Мурманск, ул. Владимирская, д. 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ММБИ КНЦ РАН

Автореферат разослан «23» ноября 2004 г.

Ученый секретарь специализированного совета Д 002.140.01

кандидат географических наук



Е.Э. Кириллова

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Изучение взвешенного осадочного вещества, поставляемого водотоками в прибрежную зону моря, представляет интерес для оценки общего баланса терригенного вещества в современном осадконакоплении на шельфах.

Большинство исследователей придерживаются точки зрения, что терригенный осадочный материал поступает на шельф Мирового океана четырьмя основными способами: аллювиальным, абразионным, эоловым и ледниково-ледовым. При этом основная роль отводится твердому стоку рек (Лисицын, 1988, Айбулатов, 1990 и др.). В зависимости от физико-географических особенностей и геолого-геоморфологического строения региона преобладание одних процессов мобилизации и транспортировки осадочного вещества над другими может варьировать и не соответствовать общей схеме.

Согласно существующей классификации речных систем по дебиту и площади водосбора (ГОСТ 19179-73) на Мурманском побережье поверхностный сток формируют малые реки и ручьи. На севере Кольского полуострова крупных водотоков не существует, к средним относятся всего несколько рек (Тулома, Воронья). Роль средних и малых водотоков при переносе взвешенного осадочного вещества в прибрежную зону моря, особенно в годовом цикле, недостаточно изучена.

Изучение динамики взвешенного вещества в устьевых частях водотоков остается актуальным и при геоэкологической оценке состояния береговой зоны Мурманского побережья, особенно в условиях планируемого строительства нефтяных терминалов и подводных продуктопроводов.

Цель и задачи исследования. Изучение годовой динамики взвешенного вещества малых водотоков Мурманского побережья и определение их роли в поставке взвешенного осадочного материала на шельф Баренцева моря.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) определить концентрацию водной взвеси в устьевых частях водотоков в разные сезоны года;
- 2) определить дебит водотоков и его изменение в течение года;

- 3) определить твердый сток водотоков;
- 4) выявить факторы, влияющие на изменение концентрации взвешенного вещества водотоков;
- 5) определить концентрацию взвешенного вещества в заливах.

Фактический материал. Работа основана на материалах, полученных автором в береговых и прибрежных экспедициях ММБИ КНЦ РАН, с 1997 по 2002 годы. Пробы воды для определения концентраций взвешенного вещества отбирали в устьевых частях водотоков на замыкающем створе выше максимума прилива (ручьи Ярнышный, Собачий; реки Зарубиха, Оленка, Рында, Золотая, Харловка, Воятка, Восточная Лица). Кроме того были отобраны пробы морской воды в бухтах и заливах Баренцева моря: Териберка, Ярнышная, Дальнезеленецкая, Мотовский, Кольский.

Всего автором выполнено 450 наблюдений за гидрологическим режимом водотоков, отобрано и обработано 175 проб речной и 50 проб морской воды.

Научная новизна. Впервые выявлены закономерности годовой динамики взвешенного вещества и дебита малых водотоков Мурманского побережья. Установлены объемы взвешенного осадочного материала, выносимого водотоками в воды Баренцева моря. Определен первый физико-химический барьер, возникающий в результате сопряжения речных и морских вод, при солености 1-2 ‰. Показано, что основная масса терригенного вещества аккумулируется в прибрежной зоне.

Полученные данные по содержанию взвеси в устьевых частях водотоков и ее изменениях на протяжении года позволяют описать процессы мобилизации и переноса осадочного вещества от источников до мест аккумуляции на количественном уровне, а также оценить роль различных процессов денудации береговой зоны Мурманского побережья.

Практическая значимость. Отдельные результаты работы могут быть использованы для оценки возможного антропогенного воздействия на природу Мурманского побережья при строительстве народно-хозяйственных объектов (нефтяных терминалов, трубопроводов и др. сооружений).

Защищаемые положения:

1. Концентрация взвешенного вещества в устьевых частях водотоков Мурманского побережья низкая и редко превышает 1 мг/л сухого веса.
2. Основная масса взвешенного осадочного вещества поставляется водотоками в период весеннего паводка.
3. Взвешенное вещество, выносимое малыми водотоками Мурманского побережья, не является главным источником терригенного осадочного вещества в береговой зоне Баренцева моря.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы докладывались на международных конференциях: «Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала» (Мурманск, 1996 г.), «Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене» (Мурманск, 1997 г.), «Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала» (Мурманск, 2001 г.), а также на сессиях молодых ученых ММБИ КНЦ РАН (Мурманск, 1994-1998 гг.).

По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 2 в зарубежных изданиях.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации 106 страниц. Она проиллюстрирована 16 рисунками, 8 фотографиями и 14 таблицами. Список литературы включает 174 наименования, в том числе 14 на иностранных языках.

Диссертационная работа выполнена в отделе геологии и геодинамики Мурманского морского биологического института КНЦ РАН под руководством д.г.-м.н. профессора Г.А. Тарасова.

За постоянную поддержку и внимание к работе автор выражает благодарность академику РАН Г.Г. Матишову

За ценные советы и консультации, помощь в сборе, обработке материала и оформлении диссертационной работы автор благодарит д.г.-м.н. М.А. Левитана, к.г.-м.н. В.П. Шевченко, к.б.н. С.А. Корсуна, к.г.-м.н. В.Ф. Заузолкова, д.г.-м.н. М.В. Митяева, к.г.н. В.Б. Хасанкаева, к.г.-м.н. И.А. Погодину, Л.С. Матюшеву, к.б.н. Н.В. Дружкова, к.б.н. Е.И. Дружкову, к.б.н. В.В. Ларионова, к.б.н. Г.М. Воскобойникова, к.б.н. М.В. Макарова, Д.Г. Ишкулова, Т.Г. Ишкулову, И.В. Рыжик,

Содержание работы

Глава 1. История изучения четвертичных отложений и геоморфологического строения севера Кольского полуострова и прибрежного шельфа Баренцева моря

Начало исследования Мурманского побережья было положено экспедициями: Ф.П. Литке (1828-1848); Бетлинга (1839); Н.В. Кудрявцева (1880); В. Рамсея (1887); М.П. Мельникова (1891) и др. Систематическое геолого-геоморфологическое изучение строения Мурманского побережья началось в 1920-1930 гг. (В. Таннер, А.А. Полканов, Б.М. Куплетский, М.А. Лаврова и др.). Морфологию побережья и процессы абразии берегов Восточного Мурмана изучал В.П. Зенкович (1938). Большой вклад в изучение четвертичного периода северной береговой зоны Кольского полуострова внесли С.А. Стрелков (1959), А.А. Никонов (1964), Б.И. Кошечкин (1971), В.Я. Евзеров (1971).

Изучение донных отложений в губах, заливах и на прибрежном шельфе Баренцева моря начато с 1920 г. экспедициями ПлавморНИИ, Гидрометеослужбы и Гидрографического предприятия ВМФ. Полученный материал позволил М.В. Кленовой (1947) и П.С. Виноградовой (1957) составить первые грунтовые карты.

В 1970-1990 гг. большой вклад в изучение процессов осадконакопления в прибрежной зоне Восточного Мурмана внесли сотрудники ММБИ (В.В. Алексеев, В.И. Гуревич, Г.Г. Матишов, Л.Г. Павлова, И.А. Погодина, Г.А. Тарасов, В.Б. Часанкаев, Т.В. Яковлева и др.). Гидрохимию, гидрологию и взвешенное вещество в заливах Мурманского побережья изучали А.Г. Карельская, В.Л. Мясников, Е.Н. Черновская, О.Ф. Кондрацова.

С 1972 г. геолого-геоморфологические исследования шельфа Баренцева моря ведут ВСЕГЕИ, МГУ, ИО РАН, Севморгео, ААНИИ, АМИГЭ, МАГЭ, ПИНРО.

С 1982 г. сотрудниками ИО РАН ведется изучение взвешенного вещества в водах Баренцева моря (Медведев, Потехина, 1986, 1990; Айбулатов и др. 1999; Романкевич, 1999; Шевченко и др., 1996, 2000).

Начиная с 1990 г. в губах и заливах Баренцева моря и на побережье Восточного Мурмана был проведен ряд комплексных океанографических и геологических экспедиций с участием американских, норвежских, немецких, финских, польских и русских ученых. В результате были существенно расширены знания о строении, составе и фациальной изменчивости голоценовых отложений шельфа и прилегающей суши.

Несмотря на длительную историю изучения четвертичных отложений и процессов осадконакопления в береговой зоне Кольского полуострова, роль малых водотоков в поставке осадочного материала в прибрежную зону Баренцева моря в опубликованной литературе не рассматривалась.

Глава 2. Физико-географическая характеристика района

Северо-восточная часть Кольского полуострова является классической лимнологической областью (коэффициент озерности более 0.3), расположенной в зоне развития тундровых ландшафтов. Рельеф побережья сильно расчленен, сопки непленнизированы, а абсолютные отметки вершин не превышают 300 м. В широких долинах расположены болотно-озерно-речные системы, где в условиях повышенной увлажненности развиваются лесотундровые ландшафты. Продолжением долин на шельфе являются губы и заливы, вдающиеся в подводный береговой склон на 5-10 км. Подводный береговой склон относится к крутым с углом более 1° . Морские берега главным образом скалистые обрывистые, но в вершинах заливов и губ часто наблюдаются аккумулятивные формы рельефа. Глубина моря в заливах в основном не превышает 100 м, но может достигать 300 м (Кленова, 1960).

Район приурочен к субарктической климатической зоне. Характерной его особенностью является смягчающее воздействие на климат Мурманской ветви теплого Нордкапского течения, определяющего мягкую продолжительную зиму и прохладное короткое лето. Погодные условия за 1997-2002 гг.: температура воздуха – -0.2°C , сумма атмосферных осадков – 579 мм, скорость ветра – 7-8 м/с (преобладание южных и юго-западных ветров).

Начало ледостава на озерах – конец октября. Окончательно ледовый покров формируется в середине декабря. Конец ледохода отмечается в первой половине июня. На водотоках ледовый покров устанавливается только к середине января, на порогах и водопадах лед не формируется в течение всего зимнего периода. В конце зимы толщина льда на озерах достигает 1.5 м.

Зимний период – с начала ноября по конец апреля. Он характеризуется частыми оттепелями, большим месячным градиентом температур, пониженным среднемесячным количеством атмосферных осадков, преобладанием южных и юго-западных ветров.

Весенний период – с начала мая по середину июня (неустойчивые температуры воздуха с малым месячным градиентом, минимум атмосферных осадков в течение года, преобладание северных и восточных ветров). В пик паводка дебит водотоков повышается на 1-2 порядка. В конце схода снега и льда, уровень воды в озерах повышается на 1 м.

Летний период – с середины июня по первую декаду сентября (максимальные температуры воздуха с малым месячным градиентом, повышенное количество атмосферных осадков, преобладание северных и западных ветров).

Осенний период – с первой декады сентября по начало ноября (неустойчивые температуры воздуха с малым месячным градиентом, ночные заморозки, максимум атмосферных осадков в течение года, преобладание южных и западных ветров).

Климатические особенности региона (в первую очередь атмосферные осадки и температура воздуха) во многом определяют гидрологический режим водотоков Мурманского побережья.

Водотоки района относятся к полугорным с равнинным характером течения в верховьях и горным – в устьях (средний показатель падения рек в истоках составляет 6 м/км, в устьях – 30 м/км) (Митяев, 2001). Все водотоки территории по площади водосбора, длине и дебиту относятся к малым рекам (Териберка, Рында, Харловка, Восточная Лица, Иоканга), только р. Воронья – к средним.

Гидрологический режим водотоков Мурманского побережья следующий. Максимальный сток происходит в короткий весенний паводок (до 50 %), зимний сток равен стоку в осенний паводок (20-25 % годовой нормы), минимальный сток – в летний период (менее 10 %). Годовой дебит изученных водотоков за 1998-2002 гг. показан в табл. 1.

Таблица 1

Гидрографические характеристики водотоков Восточного Мурмана
(«Атлас ...», 1971; Митяев, 1998)

Водоток	Протяженность, км	Площадь водосбора, км ²	Дебит, км ³ /год
В. Лица	108	1750	2.31
Воятка	18	140	0.33
Харловка	112	2150	2.15
Золотая	34	320	0.33
Рында	76	1100	2.05
Оленка	48	560	0.78
Собачий	7	35	0.08
Зарубиха	16	90	0.30
Ярнышный	17	100	0.23
Воронья	210	12500	4.52

Характерной особенностью всех водотоков района являются кратковременные паводки, которые происходят в любой сезон года (в зимний – во время оттепелей, летний – продолжительных дождей). Тем не менее, 70-80 % годового стока всех водотоков приходится на межсезонье.

Гидрологический режим прибрежной зоны Баренцева моря обуславливается следующими факторами: климатом, вдольбереговыми и приливоотливными течениями, штормовыми явлениями, пресным стоком с суши и изрезанностью береговой линии.

Приливы носят полусуточный характер с периодом 12 ч. 25 мин. Приливная волна поступает с запада, высота прилива достигает 4.5 м. Самый высокий уровень воды отмечается осенью, а самый низкий весной (Лоция ..., 1965). Наиболее сильное волнение характерно для сентября и марта. В прибрежной зоне волны высотой более 5 м наблюдаются во время штормовых ветров северного и северо-восточного направления. Температура воды на поверхности во все сезоны года

уменьшается с запада на восток. Зимой средняя температура воды у побережья изменяется от 0.1 до -2.0°C . Самая высокая температура воды отмечается в конце августа – начале сентября ($8-10^{\circ}\text{C}$). В конце сентября начинается понижение температуры поверхностного слоя воды, наиболее интенсивно этот процесс идет в заливах. Градиент солености поверхностного слоя воды достигает 6 ‰. Зимой в заливах соленость от 32 до 34 ‰, весной – от 29.0 до 34.0 ‰, летом и осенью – от 28.0 до 34.0 ‰ (Черновская, 1956; Кондрацова, 1958). Условная среднемесячная плотность морской воды изменяется в течение года от 1.0000 до 1.0279 (Люция ..., 1965).

Глава 3. Геолого-геоморфологическое строение водосборных бассейнов

Мурманское побережье сложено позднеархейскими, раннепротерозойскими породами, в основном представленными гранитоидами. На всем протяжении побережья встречаются дайки основных пород. Их мощность редко превышает первые десятки метров. Дайки группируются в системы, трассирующие крупные разломы диагональной ориентировки. Возраст даек датируется средним палеозоем (Лупанова, 1935, Минц и др., 1996).

Четвертичные отложения не образуют сплошного покрова. Наиболее распространены элювиально-делювиальные, озерные и ледниковые отложения, менее развиты – болотные и коллювиальные, локально – морские, аллювиальные и флювиогляциальные. Мощность их редко превышает первые десятки метров, но в депрессиях рельефа может достигать значительных величин. Возрастной диапазон рыхлых отложений – от верхнего плейстоцена до голоцена (Лаврова, 1960).

В геоморфологическом отношении Мурманское побережье относится к сильно расчлененному древнему пенеплену, круто обрывающемуся в море (Никонов, 1964). Морские берега рассечены многочисленными разрывными нарушениями. В зонах сочленения наиболее крупных разломов формируются губы и заливы, которые образуют с озерами и водотоками побережья единую систему.

Голоценовые осадки губ и заливов в целом имеют зональное строение с уменьшением медианного диаметра частиц от берега к центру. Наиболее распро-

странены мелко- и среднезернистые полимиктовые пески с примесью гальки, валунов и раковин моллюсков. В центральных частях заливов развиты мелкоалевритовые, илистые и глинистые осадки (Виноградова, 1959; Матишов, 1984; Тарасов, 1987; Митяев, 1997). На литорали некоторых губ (Ярнышная, Порчниха и др.) обнажаются голубовато-серые поздневалдайские глины (Тарасов и др., 2000).

У подножия современного клифа отмечается узкий бенч с валунно-галечным материалом. В вершинах губ наблюдается отмирающий клиф, сопряженный с береговыми валами и пляжами. На многих участках побережья встречаются древние береговые линии, представленные морскими террасами и береговыми валами. В тыловом шве часто расположен клиф. Древние береговые линии фиксируются на значительном удалении от современной береговой линии (Кошечкин, 1980).

Речная сеть характеризуется невыработанным продольным профилем равновесия. Многочисленные пороги и водопады чередуются с широкими плесами и озерными котловинами. Долины носят четко выраженную тектоническую природу с резкими коленообразными перегибами и протяженными прямолинейными участками (Граве, Макиевский, 1966). Сочетание значительных уклонов (более 10 м/км) и ступенчатого продольного профиля речных долин создают условия повышенной динамики водного потока, что благоприятно для линейной эрозии и переноса осадочного материала. Однако подавляющее его количество задерживается в озерных котловинах и не достигает конечного бассейна седиментации. Собственно аллювиальные отложения развиты незначительно и представлены пойменными и русловыми фациями. Наблюдаемые в долинах рек и ручьев террасовые уровни имеют морской генезис (Лаврова, 1960; Кошечкин и др., 1971).

Глава 4. Взвешенное вещество в водотоках Мурманского побережья

4.1. Методы отбора и изучения взвешенного вещества

Отбор проб взвеси и их обработку осуществляли по методике, разработанной в институте Океанологии РАН им. П.П. Ширшова под руководством академика А.П. Лисицына. Пробы воды из водотоков (объем 2 л) отбирали в чистую пластиковую бутылку. В заливах пробы отбирали с глубины – пластиковым батометром,

с поверхности – пластиковым ведром. Далее пробы воды фильтровали под вакуумом на специально подготовленные лавсановые фильтры (обработаны в 1-3 % HCL, промыты, высушены, взвешены), размер пор 0.45 мкм, диаметр рабочей поверхности 47 мм. Фильтры со взвесью высушивали в сушильном шкафу при температуре 40-60°C и повторно взвешивали для определения концентрации взвеси. Пробы воды, отобранные в заливах, промывали дистиллированной водой (для удаления морских солей).

Дебит водотоков вычисляли по скорости течения и площади «живого» сечения русла в замыкающем створе. Скорость течения измеряли поплавковым методом – не менее 5 замеров. Площадь «живого» сечения русла определяли методом построения поперечного профиля замыкающего створа.

Исследования микропланктона проводились по стандартным методикам (Федоров, 1979; Эдлер, 1979; Суханова, 1983; Дружков, Макаревич, 1988).

4.2. Концентрация взвешенного вещества в водотоках

Концентрация взвешенного вещества в водотоках редко превышает 1 мг/л. Наиболее высокая концентрация взвешенного вещества во всех водотоках отмечается в пик паводка (весной и осенью), достигая 1.5-2 мг/л. Однако, в любой сезон года может происходить повышение содержания взвеси. Летом - в результате продолжительных дождей и ливней, зимой - оттепелей или прорыва шуги на водотоках.

В целом, чем крупнее водоток, тем выше в нем концентрация взвеси (таблицы 1, 2). При этом наибольшие вариации содержания взвешенного вещества наблюдаются в самых незначительных водотоках. Так, в ручье Собачий (дебит 0.08 км³/год) концентрация взвеси на протяжении года может изменяться в 5-8 раз, ручье Ярнышном (0.23 км³/год) – в 4-6 раз, в р. Зарубиха (0.30 км³/год) – 3-4 раза, р. Золотая (0.33 км³/год) – в 3-4 раза, р. Рында (2.05 км³/год) – в 2-3 раза.

Изучение взвешенного вещества в заливах Кольского полуострова и у края выводных ледников (Шпицберген, Новая Земля) показало что:

а) в заливах Кольского полуострова распределение взвеси в поверхностном слое воды не имеет четкой зональности, оно приурочено к сезону года. Наибольшие концентрации отмечаются в весенний период (июнь). При изучении верти-

кального разреза распределения взвешенного вещества (Варангер-фьорд: губа Ярнышная, Дальнезеленецкая), везде наблюдается уменьшение концентрации взвеси с глубиной.

б) анализируя характер распределения взвешенного вещества в заливах Хорнсунн (Шпицберген) и Иностранцева (Новая Земля) можно утверждать, что основная его масса осаждается в непосредственной близости от края выводных ледников (Медведев, Потехина, 1990; Gorlich et al., 1987; Шевченко, Герасимова и др., 1996; Митяев, Герасимова, 2003; Политова, Шевченко, Айбулатов и др., 04).

Таблица 2

Среднее содержание водной взвеси в водотоках
Мурманского побережья

Река	Количество определений	Среднегодовая концентрация взвеси, мг/л
В. Лица	4	0.78
Воятка	4	0.52
Харловка	4	0.59
Золотая	8	0.59
Рында	14	0.64
Оленка	4	0.34
Собачий	40	0.41
Зарубиха	42	0.48
Ярнышный	55	0.31

4.3. Состав взвешенного вещества

В зимне-весенний период 85 % – 98 % всей массы взвешенного вещества приходится на кластический материал пелитовой размерности, где преобладают гидрослюды и кварц, отмечается калиевый полевой шпат, плагиоклазы, слюды, гидроокислы железа. В то время как в летне-осенний период на долю кластического материала приходится 5-45 % (в среднем не более 20 %). Таким образом, можно сказать, что минеральный состав взвеси преимущественно гидрослюдисто-кварцевый.

В весенний период органические компоненты взвешенного вещества представлены живыми клетками микропланктона и пустыми створками диатомовых

водорослей. В их составе преобладают диатомовые водоросли, динофлагелляты и микрозоопланктон. Однако, таксономическое разнообразие всех групп планктона незначительно. Диатомовые водоросли представлены 13 таксонами, динофлагелляты - 3, другие группы водорослей - 6. В составе цилиоценоза доминируют голые инфузории-олиготрихи (класс *Choreotrichia*), брюхохресничные инфузории (класс *Hypotrichia*) и *Uronema sp.* (здесь и далее определение сделано к.б.н. Н.В. Дружковым).

В летне-осенний период резко увеличивается численность и биоразнообразие живых организмов микрофитопланктона. Доминируют жгутиковые различных систематических групп (по биомассе преобладают динофлагелляты) и диатомовые водоросли. Таксономическое разнообразие всех групп увеличивается, но остается невысоким. Диатомовые представлены 8 таксонами, динофлагелляты - 4, другие группы водорослей - 28. В составе микрозоопланктона отмечено 14 групп. По биомассе доминируют инфузории-олиготрихи (класс *Choreotrichia*).

В зимний период резко снижается плотность организмов микропланктона. Диатомовые представлены 14 таксонами, динофлагелляты - 6, другие группы водорослей - 11. Ко второй половине января резко уменьшается количество, а затем полностью исчезают цилиаты.

На протяжении всего периода исследований в планктоногенной взвеси доминировали пустые створки диатомовых водорослей *Tabellaria fenestrata*, *T.flocculosa* и неидентифицированные *Pennatophyceae*, а среди живой фракции микрофитопланктона - мелкие пеннатные диатомовые и голые жгутиковые.

4.4. Вынос взвешенного осадочного вещества водотоками

По нашим данным, суммарный вынос взвешенного осадочного материала водотоками Мурманского побережья не превышает 0.2 млн т/год. Из них на долю изученных водотоков приходится около 5 %. Так, ручей Ярнышный за 1998-1999 гг. вынес в воды Баренцева моря 173.3 т взвешенного вещества, ручей Собачий - 104.7 т, река Зарубиха - 340.1 т. Река Рында с мая по декабрь 1998 г. - 919.2 т, Золотая за весенне-летний период 1998 г. - 103.5 т. Для сравнения твердый годовой

сток некоторых крупных северных рек показан в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика среднегодового стока некоторых северных рек
(Лопатин, 1949; Лисицын, 1974)

Река	Площадь водосбора, тыс. км ²	Дебит, км ³	Твердый сток, млн т/год
Обь	2979	400	15.8
Лена	2490	511	15.4
Колыма	644	132	6.0
Сев.	620	111	5.8
Инди-	360	59	13.0
Хатанга	346	100	1.4
Ана-	234	41	3.1
Печора	322	130	6.5
Мезень	80	26	0.78
Онега	57	18	0.20

Во всех водотоках Мурманского побережья выявлен дефицит выносимого взвешенного осадочного вещества.

Известно, что основная масса взвешенного вещества аккумулируется в заливах на физико-химических барьерах, названных акад. А.П. Лисицыным «маргинальными фильтрами». На них происходит массовая коагуляция взвешенного материала и выпадение его в осадок (Лисицин, 1982; Гордеев, 1983).

В зоне смешения морских и речных вод (эстуарии рек Рында, Золотая и Порчниха) с соленостью около 1 ‰ выявлены концентрации взвешенного вещества, на порядок превышающие содержание взвеси в этих водотоках (таблицы 2, 4).

в марте 1998 г. в эстуарии реки Тулома отмечено уменьшение концентрации взвеси при увеличении солености, а содержание взвеси в воде с соленостью 2.728 ‰ в 3-5 раз меньше, чем в эстуариях рек Рында и Золотая при солености около 1 ‰ (табл. 4). Следовательно, можно предположить, что при солености 1-2 ‰ (возможно, 2.5 ‰) происходит массовое выпадение взвеси в осадок, а этот «рубеж» можно считать первым физико-химическим барьером, возникающим при сопряжении двух типов вод. Анализ данных по содержанию взвеси в заливах

Мурманского побережья показал уменьшение концентрации взвеси при увеличении солёности морской воды, что позволяет предположить наличие нескольких физико-химических барьеров. Аналогичный факт был зафиксирован в эстуариях Оби, Енисея и в Карском море (Шевченко и др., 1996).

Таким образом, содержание взвеси в морской воде обратно пропорционально солёности, а первый физико-химический барьер на границе река-море соответствует солёности 1-2 ‰.

Таблица 4

Содержание взвеси в воде с разной солёностью.

Станции	Дата	Концентрация, мг/л	Солёность, ‰
Устье р. Рында	1998-2000гг.	средняя 0,64	пресная
Устье р. Золотая	1998-2000гг.	средняя 0.59	пресная
Устье р. Рында, паводок	24.05.99	1.94	пресная
Устье р. Золотая, паводок	13.06.98	0.92	пресная
Эстуарий р. Рында	31.03.98	6.41	Около 1
Эстуарий ручья Порчниха	26.05.98	3.68	Около 1
Эстуарий р. Золотая	23.01.98	4.38	Около 1
Эстуарий р. Тулома	26.03.98	1.38	2.728
Эстуарий р. Тулома	21.03.98	0.57	4.778
Устье р. Титовка	18.03.98	1.25	6.672
Губа Ура, эстуарий	19.03.98	1.06	8.974
Южное колено Кольского залива	22.03.98	1.25	9.336
Кольский залив, литораль у мыса Еловый	26.03.98	1.10	9.424
Кольский залив, литораль у мыса Еловый	22.03.98	1.13	12.335
Кандалакшский залив	21.03.98	2.17	12.686
Губа Териберка, литораль	25.03.98	0.57	12.768
Губа Ура, литораль	19.03.98	1.00	15.679
Губа Лавна	26.03.98	1.94	18.809
Губа Грязная	27.03.98	0.86	32.409
Губа Териберка, литораль	25.03.98	0.47	32.667
Губа Белокаменная	19.03.98	0.44	33.217
Губа Печенга	18.03.98	0.30	34.148

Глава 5. Современные процессы образования и переноса осадочного вещества на Мурманском побережье

Для Субарктики основным процессом образования осадочного вещества является физическое выветривание, на долю химического приходится 1-3 % (Страхов, 1951; Лисицын, 1978). Климатические условия, выражающиеся в частом колебании температуры воздуха (с переходом ее через 0° С), наличие трещиноватых пород благоприятны для развития морозного выветривания на Мурманском побережье (Зенкович, 1937, 1946, 1962). Кроме того, этому способствует и малая мощность снежного покрова на водораздельных пространствах. При морозном выветривании образуется, в той или иной степени, крупнообломочный материал, накапливающийся у подножия склонов. В береговой зоне моря он подвергается волновой обработке.

Рассмотрим природные факторы, влияющие на перераспределение и вынос осадочного вещества в береговой зоне Кольского полуострова.

Абразия. На небольшую скорость абразии Мурманского берега указывают многие исследователи (Зенкович, 1937; Лукьянова и др., 2000). Берега сложены прочными кристаллическими породами устойчивыми к абразии. Но даже если предположить, что в год абрадируется слой породы не более 10 мкм (скорость 0.001 мм/год), то в пересчете на протяженность абразионных участков Мурманского берега в прибрежную зону моря может поступать около 1 млн. т/год осадочного материала. Реальная цифра, несомненно, выше.

По некоторым данным, процесс истирания угловатого обломочного материала в волноприбойной зоне протекает интенсивно. В результате с 1 м² литорали, где накапливается угловатый обломочный материал, в море может поступать до нескольких килограммов рыхлого материала в год (Гарасов, 1998).

Взвешенный сток водотоков. Длительное существование озерных котловин и невыработанность продольного профиля равновесия речных систем, свидетельствует о низкой скорости линейной эрозии. Хотя динамика русловых потоков благоприятна для переноса взвешенного вещества, тем не менее, объем осадочного

материала, поставляемого в море водотоками невелик. Кроме того, некоторая часть его аккумулируется в озерных котловинах и не достигает конечного бассейна седиментации;

Вынос взвешенного осадочного материала водотоками Мурманского побережья (без учета растворенного вещества и влекомых наносов) не превышает 0.2 млн т/год.

Рассмотрим один из возможных теоретических вариантов подсчета суммарного выноса осадочного вещества водотоками.

Как известно, суммарный вынос осадочного вещества через замыкающий створ водотока складывается из четырех составляющих: $R = R_{взв} + R_{вл} + R_{рас} + R_{кол}$, где R – общий расход твердого стока, $R_{взв}$ – расход взвешенного вещества, $R_{вл}$ – расход влекомого вещества, $R_{рас}$ – расход растворенного вещества, $R_{кол}$ – расход коллоидного вещества. Отбросив $R_{кол}$ как величину незначительную и частично учитываемую при измерении взвешенного вещества, можно оценить R . Водотоки Мурманского побережья относятся к рекам с низким содержанием растворенных веществ – 30-50 мг/л (Атлас ..., 1971). Содержание растворенных веществ в олиготрофных озерах Восточного Мурмана составляет 28-53 мг/л (Озерецковская, Умнова, 1975). Это на два порядка выше, чем содержание взвеси, но в твердую фазу при сопряжении пресных и морских вод может перейти только 25-30 % растворенного вещества (Лисицын, 1988, Белов, 1976), тогда $R_{рас}$ можно оценить в 5-6 млн. т/год. Более сложно оценить долю влекомых наносов. Все водотоки обладают быстрым течением, скорость которого в пик паводка может достигать 3 м/с (около 1 м/с в меженный период). Поток с такой скоростью течения способен перемещать крупные гравийные частицы. Но на днище русел всех без исключения водотоков много валунов. Последние формируют неровности, где задерживается большая часть влекомых наносов. Из литературных источников известно, что доля влекомых наносов может составлять от 1 до 175 % от доли взвешенного вещества (Ковалев, 1975). При этом, чем меньше водоток, тем больше доля влекомого вещества в общем балансе наносов. Исходя из вышесказанного можно

предположить, что $R_{вд}$ водотоков Восточного Мурмана составляет 0.1-0.5 млн. т/год. Тогда твердый сток водотоков Мурманского побережья можно оценить в 5.3-6.8 млн. т/год (взвешенный сток только р. Печора 6.5 млн. т/год (табл. 3).

Плоскостной смыв. Этот процесс по отношению к береговой зоне Кольского полуострова ни кем не рассматривался. Хотя деятельность плоскостной эрозии, несомненно, велика. Множество временных водотоков возникающих при весеннем таянии снега и во время летне-осенних дождей смывают мелкозернистый осадочный материал в понижения рельефа и береговую зону моря. Если предположить, что в течение года с береговой (зоны шириной 3-5 км) смывается слой мощностью в 1 км, то это дает в пересчете на площадь побережья порядка 10 млн. т/год, значительно превышая сумму всех остальных факторов переноса.

Эоловый перенос. Для развития эоловых процессов необходимы определенные климатические условия. Кроме того наличие мелкозернистых рыхлых отложений способных подвергаться ветровому воздействию. Побережье Кольского полуострова имеет неблагоприятные климатические характеристики. Кроме того, в процессе морозного выветривания образуются в основном крупнозернистые осадки. Даже при наличии сильных ветров вышеперечисленные особенности сводят на нет развитие эолового переноса, а доля дефляции, в общей денудации побережья, малозначительна. Об этом же может свидетельствовать содержание аэрозолей в свежес выпавшем снеге. Так, по данным В.П. Шевченко (2000), среднее содержание аэрозолей в свежес выпавшем снеге арктических морей составляет 2.19 мг/л (n=87). По нашим данным, на Мурманском побережье (район пос. Дальние Зеленцы) содержание аэрозолей в нем составляет 0.08 мг/л (n=4), что на два порядка меньше. Общее поступление аэрозолей в Северный Ледовитый океан оценивается в 2.8-8.2 млн т/год (Шевченко, 2000). Если пересчитать на площадь питающей провинции, то с Кольского полуострова в прибрежные воды Баренцева моря не может поступать более 0.01 млн т/год аэрозолей. Это намного ниже, чем поставка взвеси реками Восточного Мурмана.

Ледовый перенос. Вынос осадочного материала с литоральной зоны припайными льдами незначителен. Припайные льды формируются во всех заливах побе-

режья, но участки берегов, на которых льды могут захватывать осадочный материал, расположены в основном в вершинных частях заливов, откуда они практически не выносятся. Поэтому, вероятно, их роль сводится к перераспределению осадочного материала внутри заливов. Необходимо все же отметить, что незначительная часть припайных льдов выносятся в открытую акваторию Баренцева моря, и отдельные льдины могут нести в себе десятки килограммов осадочного вещества (Тарасов, 1998);

Такие «экзотические» способы переноса осадочного материала, как водорослевый, не имеют на Мурманском побережье широкого развития и скорее способствуют накоплению материала в волноприбойной зоне, чем его выносу.

Количественная оценка факторов денудации Мурманского побережья в опубликованной литературе не рассматривалась. Поэтому рассмотрим данные по другим северным регионам. Содержание взвешенного вещества в эстуариях крупных рек Обь (4.04-14.10 мг/л), Енисей (1.05-8.87 мг/л) и Печора (1-6 мг/л), в ледниковых водах Шпицбергена (12.12-44.05 мг/л) и Новой Земли (5.80-13.05 мг/л). Это на один – два порядка выше, чем содержание взвеси в водотоках Мурманского побережья (Шевченко и др., 1996; Герасимова и др., 1996; Шевченко и др. 2003; Митяев, Герасимова, 2003).

Суммарный пресный сток в Баренцево море оценивается в $263 \text{ км}^3/\text{год}$ (Гидрометеорология ..., 1990), из них: р. Печора – 130 км^3 , Шпицберген – 20.5 км^3 , Новая Земля – 18.5 км^3 , Земля Франца Иосифа – 3.5 км^3 , реки Скандинавии – 52 км^3 , реки Кольского полуострова – 32.5 км^3 (из них 12 км^3 приходится на изученные нами водотоки Мурманского побережья, или 4.6 % от общего пресного стока). Тогда общее количество взвешенного вещества, поступающего в воды Баренцева моря, можно оценить в 50 млн т/год (без влекомых наносов), из них менее 0.5% приходится на водотоки Мурманского побережья.

По данным В.И. Гуревича (1983, 1986, 2002) скорости современной седиментации на Западно-Арктическом шельфе изменяются в пределах 0.01-1 мм/год (наиболее характерны скорости в 0.025-0.25 мм/год). В отдельных районах до 3-8 мм/год (авандельты крупных рек: Сев. Двина, Поной, Печера, Обь и др.,

прибрежная зона на границе Белого и Баренцева морей). Скорость осадконакопления в заливах Кольского полуострова оценивается в некоторых работах, как низкая, без приведения конкретных данных.

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Концентрация взвешенного вещества в водотоках не превышает 1 мг/л. В целом, чем крупнее водоток, тем выше в нем концентрация взвеси;

2. Максимальный твердый взвешенный сток всех водотоков Мурманского побережья приходится на весенний паводок, и в отдельные годы может превышать 50 % твердого годового стока;

3. В зимне-весенний период более 85 % всей массы взвешенного вещества приходится на кластический материал пелитовой размерности, с преобладанием глинистых частиц и кварца, в то время как в летне-осенний период на долю кластического материала в среднем приходится не более 20 %;

4. Содержание взвеси в морской воде обратно пропорционально солености. Предполагается, что первый физико-химический барьер на границе река-море соответствует солености 1-2 ‰;

5. Во всех водотоках отмечен дефицит выносимого взвешенного осадочного вещества. Его суммарный вынос водотоками Мурманского побережья не превышает 0.2 млн т/год, что явно не достаточно для поддержания нормальной скорости осадконакопления в губах и заливах Баренцева моря;

6. Основная масса осадочного вещества поставляется в прибрежные воды восточного Мурмана в результате плоскостного смыва и морской абразии берегов.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Шевченко В.П., Герасимова М.В., Корсун С.А., Серова В.В., Тарасов Г.А., Филиппова А.А. Количественное распределение и состав водной взвеси в зоне влияния ледников Северного острова архипелага Новая Земля // Биологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях океанического перигляциала: Тез. докл. междунар. конф. Мурманск, 1996. С. 71.

2. Тарасов Г.А., Митяев М.В., Герасимова М.В. Осадки озерных депрессий //

Биогеоценозы гляциальных шельфов Западной Арктики. Апатиты, 1996. С. 33-38.

3. Герасимова М.В., Митяев М.В., Корсун С.А. Распределение взвеси в береговой зоне Баренцева моря // Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене: Тез. докл. междунар. Конф., г. Мурманск, 19-21 ноября 1998 г. Апатиты, Изд. КНЦ РАН, 1998. С.26-27.

4. Герасимова М.В., Митяев М.В., Шевченко В.П. Количественное распределение и состав водной взвеси в губах Восточного Мурмана // Морской перигляциал и оледенение Баренцево-Карского шельфа в плейстоцене: Тез. докл. междунар. конф. 19-21 ноября 1998 г., Апатиты, 1998. С.27-29.

5. Герасимова М.В. Количественное распределение взвеси в поверхностных водах на юго-востоке Баренцева моря // Материалы научной сессии молодых ученых Мурманского морского биологического института КНЦ РАН (апрель 1998 г.). Мурманск: ООО «МИП-999», 1998. С.39-40

6. Maksim V. Mitiaev., Marina V. Gierasimova Features of suspension spatial distribution in some regions of the Barents Sea // Polar Session: Relief, Quaternary Paleogeography and Changes of the Polar Environment. Lublin, 1998. P. 107-110.

7. Marina V. Gierasimova., Maksim V. Mitiaev Seasonal dynamics of the Suspended Matter in the Yarnyshnaya and Dalnezelenetskaya Bays (East Murman) in 1997 // Polar symposium, Lublin, 1999. P.67-76.

8. Герасимова М.В. Количественное распределение водной взвеси в устьях рек севера Кольского полуострова // Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность: Тез. докл. междунар. конф., Мурманск, 11-13 мая 2000 г. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2000. С. 49-55.

9. Герасимова М.В., Митяев М.В., Дружков Н.В. Некоторые особенности динамики взвешенного вещества в водотоках Мурманского побережья // Седиментологические процессы и эволюция морских экосистем в условиях морского перигляциала. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. С.63-73.

10. Митяев М.В., Герасимова М.В., Дружкова Е.И., Марасаева Е.Ф. Потoki осадочного вещества на дно Баренцева моря в заливах Мурманского побережья // Материалы 30 Международного полярного симпозиума. Гдыня. 2004. С. 64-68.