

На правах рукописи

Булавина Александра Сергеевна

**ВОЗДЕЙСТВИЕ МАТЕРИКОВОГО СТОКА НА ВОДНЫЕ МАССЫ ЗАЛИВОВ
БЕЛОГО И ЮГО-ВОСТОКА БАРЕНЦЕВА МОРЕЙ**

Специальность 25.00.28 – Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата географических наук

Мурманск – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Мурманском морском биологическом институте
Российской академии наук, г. Мурманск

Научный руководитель: **Дженюк Сергей Львович**,
д.г.н. главный научный сотрудник
лаборатории океанографии и радиозэкологии
Мурманского морского биологического института
РАН

Официальные оппоненты: **Дмитриев Василий Васильевич**,
д.г.н. по специальности 11.00.11 «охрана окружающей
среды и рациональное использование природных
ресурсов»,
Институт наук о Земле СПбГУ,
профессор кафедры гидрологии суши

Толстикова Алексей Владимирович,
к.г.н. по специальности 25.00.28 «океанология»,
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
руководитель лаборатории географии и гидрологии

Ведущая организация: Институт наук о Земле
Южного федерального университета,
г. Ростов-на-Дону

Защита состоится «16» декабря 2020 г. в 11 ч. 00 мин. на заседании диссертационного
совета Д.002.140.01 при Мурманском морском биологическом институте РАН по
адресу:
183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, д. 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Мурманского морского
биологического института РАН и в сети Интернет по ссылке:
http://www.mmbi.info/fs/files/2056/Dissertaciya_Bulavina.pdf

Автореферат разослан «...» 2020 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д.002.140.01,
кандидат географических наук

И.С. Усягина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одна из актуальных проблем океанологии – определение предельно допустимых нагрузок (ПДН) на морскую среду, связанных с поступлением различных загрязняющих веществ с территорий, на которых ведется активная хозяйственная деятельность. При планировании освоения новых территорий необходимо тщательно оценить ПДН, для того чтобы не нарушить весьма уязвимые прибрежные морские экосистемы.

Баренцево и Белое моря и их водосборы являются объектами интенсивного природопользования. С освоенных водосборов морей коммунально-бытовые и промышленные сточные воды с речным стоком поступают в морскую среду.

В настоящее время ведущим методом оценки воздействия материкового стока на воды морей является сравнение гидрохимических показателей речных и морских прибрежных вод. Однако при таком подходе возникают трудности с определением единоличного вклада конкретных рек в загрязнение морских вод, а существующий в настоящее время дефицит данных гидрохимических наблюдений за качеством речных и морских вод зачастую делает подобную оценку вовсе невозможной.

В связи с этим, актуальность приобретают методы оценки, основанные на использовании косвенных показателей антропогенной нагрузки на речные водосборы и не нуждающиеся в наличии данных гидрохимических наблюдений, что решает проблему дефицита подобных данных. Кроме того, будучи основанными преимущественно на бассейновом делении территории (водосбора), они позволяют оценивать единоличный вклад рек в формирование качества морских вод.

Увеличивается также значение оценок устойчивости морской среды к внешним воздействиям. Они могут быть основаны на изучении гидрофизических, седиментационных и биогеохимических факторов морской среды. Главной целью таких оценок является нахождение предельно допустимого поступления тех или иных веществ независимо от источника их поступления.

Таким образом, для оценки воздействия материкового стока на морские воды используются:

- хорошо отработанная на практике, опирающаяся на фактические данные, методика оценки воздействия материкового стока на воды морей путем сравнения гидрохимических данных о качестве речных и морских вод, минусом которой является ограниченное количество данных или их недоступность;
- основанные на использовании косвенных показателей антропогенной нагрузки методы оценки качества речных вод и методы оценки устойчивости морской среды к антропогенному загрязнению, существующие независимо друг от друга, что затрудняет их использование для комплексной оценки воздействия речного стока на качество морских вод.

В связи с этим, становится очевидной необходимость разработки методики, связывающей воедино антропогенную нагрузку на водосборы морей и устойчивость морской среды к внешним воздействиям.

Цель и задачи исследования. Цель: разработать методику комплексной оценки воздействия речного стока на морскую водную среду и на её основании получить количественные оценки трансформации прибрежных водных масс и качества воды в заливах Белого и юго-востока Баренцева морей.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

- Выявить особенности поступления речных вод в различные части Баренцева и Белого морей с учётом зарегулированности стока в озёрно-речных системах.
- Предложить и обосновать метод оценки скорости обновления вод в заливах.
- Предложить и обосновать метод оценки загрязняющего потенциала речного стока.
- Разработать методику комплексной оценки воздействия речного стока на морскую водную среду на основании природных и антропогенных особенностей материкового водосбора и с учётом динамики морских вод.
- Апробировать предложенную методику на природных объектах (заливы Баренцева и Белого морей и бассейны рек, впадающих в них) и дать количественную оценку влияния речного стока на воды заливов. Ранжировать прибрежные водные массы по уровню загрязняющего воздействия речного стока.

Исследование опиралось на теоретические и методологические основы географической океанологии (Шокальский Ю.М., Зубов Н.Н., Марков К.К.), морского природопользования (Денисов В.В., Фащук Д.Я. и др.), экологии северных морей (Матишов Г.Г., Ильин Г.В. и др.), гидрологии суши и гидроэкологии (Глушков В.Г., Шикломанов И.А., Коронкевич Н.И., Дмитриев В.В., Филатов Н.Н. и др.).

Личный вклад автора:

- Автором выполнен сбор и анализ информации из открытых метеорологических, гидрологических и океанографических баз данных, литературных источников, а также отчётов крупных промышленных предприятий о водопользовании, публикуемых в рамках стандартов раскрытия экологической информации.
- Автором разработана и апробирована на конкретных природных объектах методика комплексной оценки воздействия речного стока на морскую водную среду.
- Выполнено районирование Баренцево-Беломорского водосборного бассейна по степени негативного воздействия речного стока на качество морских вод.

Научная новизна исследования:

- Разработана новая методика оценки воздействия речного стока на водные массы заливов, учитывающая природные особенности водосбора, уровни антропогенной нагрузки и скорости водообмена в заливах.
- Предложен метод оценки водообмена между водными массами морей, основанный на солёности как консервативном показателе качества морской среды.
- Проведено районирование водосбора Баренцева и Белого морей по уровню потенциального воздействия речного стока на морские акватории.
- Дана оценка загрязняющего воздействия речного стока на воды заливов Баренцева и Белого морей.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Разработанные в диссертации методы и подходы могут быть применены для изучения воздействия речного стока на прибрежные водные массы при существующих уровнях антропогенной нагрузки или в режиме сценариев.

Полученная схема районирования объединённого водосбора Баренцева и Белого морей может быть использована предприятиями промышленности при планировании освоения территории водосбора, а также органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны и контроля окружающей среды, для разработки и обоснования комплекса природоохранных мероприятий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Оценки пространственной неоднородности и сезонной изменчивости речного стока в пределах объединённого водосбора Белого и Баренцева морей показали, что на восточную часть водосбора приходится более 80% суммарного годового стока, преимущественно в период половодья. Западная часть отличается более равномерным распределением стока вследствие его естественного и искусственного регулирования в озёрно-речных системах.

2. Показатель дефицита солёности позволяет оценивать скорость обновления вод в заливах. Оценки скорости водообмена, выполненные с использованием показателя дефицита солёности для заливов Белого и Баренцева морей, близки к оценкам, полученным другими авторами на основе использования других показателей.

3. Новая методика оценки воздействия речного стока на водную среду морского побережья позволяет получить оценку состояния речных вод при отсутствии данных гидрохимических наблюдений, исходя из известных природно-хозяйственных условий на водосборе.

4. На основе оценок режимов материкового стока, антропогенных нагрузок в речных бассейнах и скоростей водообмена заливы Белого и юго-востока Баренцева морей можно ранжировать по степени воздействия речного стока от минимального к максимальному в следующем порядке: Кандалакшский, Печорский, Мезенский, Онежский, Двинский.

Достоверность полученных результатов является следствием использования реальных метеорологических, гидрологических и океанографических данных и применения стандартных методов их обработки и подтверждена согласованием результатов аналитических исследований с натурными данными, а также с результатами, полученными другими авторами.

Апробация результатов исследования. Основные положения работы докладывались и обсуждались на конференциях:

- Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика), V международная конференция молодых учёных, г. Петрозаводск, 5-8 сентября 2016 г.
- I Региональная научно-практическая конференция «Будущее Арктики начинается здесь». г. Апатиты, филиал МАГУ, 28 апреля 2017 г.
- Проблемы Арктического региона: XVI Международная научная конференция студентов и аспирантов. г. Мурманск, ПГИ, 15-19 мая 2017 г.

- XXXV конференция молодых ученых Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, посвященная году экологии. г. Мурманск, ММБИ, 16-19 мая 2017 г.
- Региональная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и естественные науки». г. Мурманск, МАГУ, 17-24 апреля 2017 г.
- Международная конференция «Живая природа Арктики: сохранение биоразнообразия, оценка состояния экосистем», г. Архангельск, 30 октября – 3 ноября 2017 г.
- Международная молодёжная научная конференция «Океанология в XXI веке: современные факты, модели, методы и средства» памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова, г. Ростов-на-Дону, 13-16 декабря 2017 г.
- Международная научно-практическая конференция «Развитие арктических территорий: опыт, проблемы, перспективы», г. Мурманск, МАГУ, 12-15 декабря 2017 г.
- II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Будущее Арктики начинается здесь», филиал МАГУ, г. Апатиты, 18-20 апреля 2018 г.
- XXXVI конференция молодых учёных Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, г. Мурманск, ММБИ, 14-18 мая 2018 г.
- XXVII Международная береговая конференция «Арктические берега: путь к устойчивости», г. Мурманск, 24-29 сентября 2018 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 печатных работ, из которых 4 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объём работы. Работа изложена на 171 странице машинописного текста, содержит 31 таблицу, 24 рисунка. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложения. Список литературы включает 186 наименований, в т.ч. 12 на иностранном языке.

Автор выражает благодарность за помощь и ценные советы при подготовке диссертации научному руководителю д.г.н. С.Л. Дженюку, академику Г.Г. Матишову и профессору д.б.н. П.Р. Макаревичу за содействие и организационную поддержку исследования, за консультативную помощь к.г.н. Г.В. Ильину, д.г.н. А.А. Шавыкину, д.г.н. В.В. Денисову, за техническую помощь сотрудникам ММБИ и ЮНЦ РАН к.г.н. А.П. Жичкину, А.А. Дерябину, В.В. Кулыгину.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определены цель и задачи исследования, дана оценка научной новизны и практической значимости полученных результатов и сведения об их апробации.

Глава 1. Физико-географическое описание района исследований

Дано целевое физико-географическое описание Баренцева и Белого морей и их материковых водосборов. Для морей описаны их местоположение, морфометрические характеристики, особенности рельефа дна, общие черты циркуляции вод, полей температуры и солёности, охарактеризованы особенности климата, а также ледовые условия. Для водосборов подробно рассмотрены такие характеристики, как геологическое строение, рельеф, строение гидрографической сети, особенности климата и растительности.

Глава 2. Взаимодействие речных и морских вод

Выполнен обзор литературных источников, затрагивающих теоретические вопросы взаимодействия речных и морских вод, а также рассмотрены существующие подходы к оценке воздействия материкового стока на морские акватории.

Воздействие речного стока на морские воды – это многоаспектный процесс. В зависимости от решаемой задачи он изучается с разных позиций и в разном пространственно-временном масштабе.

Степень антропогенного влияния на морскую среду посредством речного стока, чаще всего оценивают по результатам гидрохимических наблюдений в устьях рек и прибрежной акватории морей. Наряду с прямыми наблюдениями для определения степени загрязняющего воздействия речного стока на морскую водную среду применяют косвенные показатели антропогенной нагрузки на водосборный бассейн. Косвенными показателями могут служить: данные об объёмах водозабора из рек и количестве сброшенных сточных вод различных степеней очистки, численность населения на водосборе или его средняя плотность, количество предприятий-водопользователей и их валовый доход, площадь распаханых земель и другие.

Анализ предыдущих исследований показал, что оценка воздействия речного стока на морские воды в настоящее время проводится преимущественно в пределах материковых водосборов, и не учитывает особенности морских акваторий, подвергающихся этому воздействию.

Материковый водосбор и море являются автономными, но взаимосвязанными природными системами. Процессы, происходящие на водосборе, определяют количество веществ, приносимое в морскую среду. Вместе с тем, конечная концентрация веществ в морских водах определяется не только объёмом их поступления, но и характером и интенсивностью процессов, происходящих в различных районах моря. Поэтому для оценки воздействия речного стока на качество морской водной среды необходимо рассмотреть каждую из составляющих отдельно, и лишь потом переходить к оценкам их взаимодействия.

Глава 3. Материалы и методы

В работе были использованы океанографические, гидрологические, метеорологические данные, данные морских и речных гидрохимических наблюдений, сведения о водопользовании и некоторые другие узкоспециальные данные.

В качестве источника данных о солёности морской воды была использована открытая база океанографических данных, опубликованная в качестве приложения к атласу (Атлас климатических..., 2014). Были отобраны измерения за период с 1980 по 2013 годы, так как именно в этот период поступление данных стало стандартизированным. Выборка включила 108465 станций.

Результаты измерений на станциях использовались для расчёта средних многолетних показателей солёности водных масс заливов. Для расчётов была использована солёность поверхностного слоя воды (горизонт от 0 до 1 м) (Руководство..., 1977). Именно поверхностный слой является зоной непосредственного влияния речного стока.

Ввиду пространственной неоднородности сетки станций, была применена методика формирования 1°-ных сферических трапеций (условно называемых в океанологической практике квадратами) с последующим осреднением в пределах выбранных квадратов по сезонам, а затем по годам. Далее определялись площади квадратов, находящиеся в пределах средних многолетних границ водных масс и рассчитывалась средняя взвешенная (по площади) многолетняя солёность водных масс.

Был разработан и применён новый метод, основанный на использовании солёности как консервативного показателя качества морской воды. Он исходит из предположения о том, что величина показателя солёности является результатом изменения содержания пресной воды в водной массе (Булавина, Дженюк, 2017). В сочетании с методом водного баланса новый метод был использован в приложении к экологической оценке (см. гл.5).

Для оценки гидрологического режима рек водосбора Баренцева и Белого морей были использованы материалы Государственного водного кадастра, а также данные отдела гидрологии устьев рек и водных ресурсов ААНИИ, находящиеся в открытой электронной базе данных «A Regional, Electronic, Hydrographic Data Network For the Arctic Region», доступной по адресу <http://www.r-arcticnet.sr.unh.edu>. Были отобраны данные наблюдений на гидропостах речных систем: Онега, Выг, Кереть, Кемь, Ковда, Нива, Умба, Северная Двина, Мезень, Печора, Поной, Воронья, Кола, Тулома, Варзуга, Териберка и Чаваньга, выбранных в качестве репрезентативных. Были получены временные ряды данных разной продолжительности о средних месячных расходах воды.

Для анализа влияния климатического режима водосбора на распределение речного стока были использованы данные наблюдений, проведённых на 21 гидрометеорологической станции Северо-Западного, Северного и Мурманского территориального управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в период продолжительностью 90 лет: 1926–2015 гг. (захватывающий два стандартных климатических периода: 1931-1960, 1961-1990). Данные наблюдений на гидрометеорологических станциях (суточного разрешения) получены из открытой электронной базы данных ЦОД ВНИИГМИ-МЦД, г. Обнинск (Булыгина и др.).

Расчёты гидрологических и климатических характеристик проводились согласно рекомендациям ВМО (Руководство..., 2014; Руководящие указания..., 2017). Для определения средних месячных и годовых значений температуры и осадков в местах гидрологических постов, в различных частях водосбора и в среднем по водосбору в качестве расчётного использован метод тяготеющих площадей (полигонов Тиссена).

Для оценки колебаний климата и гидрологических характеристик были использованы статистические методы обработки данных. Полученные временные ряды гидрологических и климатических характеристик подвергались трендовому, корреляционному и автокорреляционному анализу.

Была разработана новая методика интегральной оценки загрязняющего потенциала речного стока. Она сводится к обоснованному отбору информативных признаков, нахождению оценочных шкал для этих признаков и определению классов, отражающих состояние исследуемых систем и подробно описана в главе 5.

Глава 4. Формирование и изменчивость речного стока на водосборе Баренцева и Белого морей

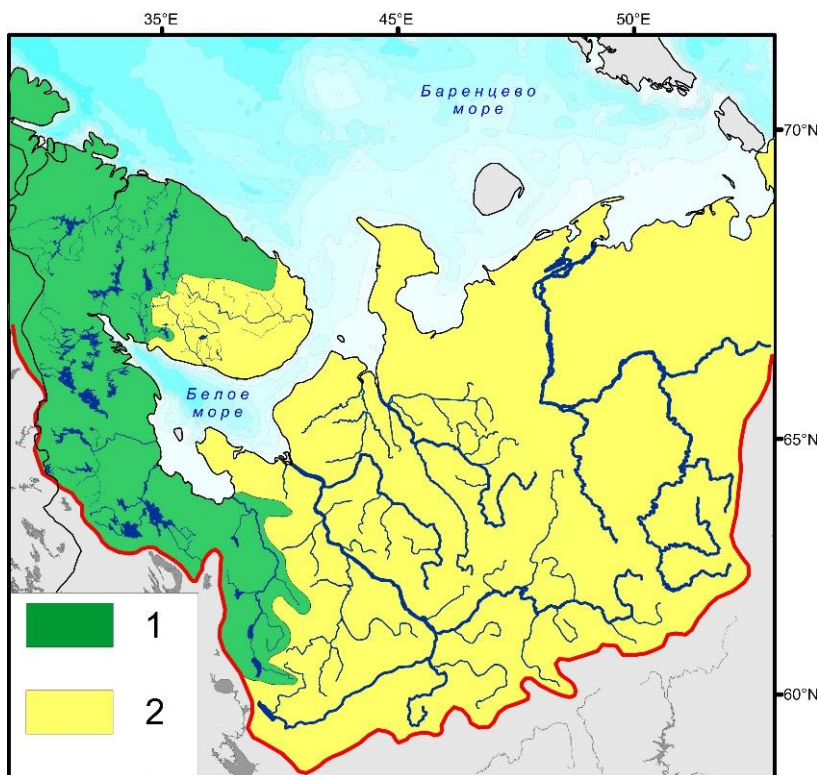


Рис. 1. Материковый водосбор Баренцева и Белого морей
1 – западная часть водосбора; 2 – восточная часть водосбора

Проведено гидрологическое районирование, выделены два крупных района – западный и восточный (рис.1). Ведущим признаком дифференциации районов выступило различное строение гидрографической сети. В восточной части водосбора сток сосредоточен в крупных реках (Северной Двине, Мезени, Печоре) и озёрность незначительна (1-2%). В западной части водосбора реки в той или иной степени зарегулированы озёрами и водохранилищами.

Выявлены региональные особенности внутригодовых и многолетних колебаний водности рек в связи с особенностями строения гидрографической сети и колебаниями климата.

Основная особенность изменений режима озёрно-речных систем западной части водосбора в XX веке заключается в изменении распределения стока внутри года. Сокращение доли стока за половодье в среднегодовом стоке воды является как следствием климатических изменений, так и результатом искусственной регуляции

рек. В настоящее время, сток с западной части водосбора распределяется равномерно в течение года, сток с восточной части водосбора имеет большие сезонные различия.

Для крупных озёр и водохранилищ исследуемых озёрно-речных систем был рассчитан коэффициент условного водообмена. На водосборах рек западной части водосбора расположено много слабо-проточных (аккумулятивно-транзитных и аккумулятивных) озёр. Слабый внешний водообмен является одним из факторов, способствующих накоплению и преобразованию в озёрах различных растворённых и взвешенных веществ, в том числе антропогенного происхождения. Большое количество таких озёр в западной части водосбора может значительно снизить поступление взвешенных и растворённых химических веществ в западные части морей.

Глава 5. Речные бассейны как источники загрязняющего воздействия на водную среду Белого и юго-востока Баренцева морей

Рассмотрены процессы, происходящие на речных водосборах и в прибрежье Баренцева и Белого морей.

5.1. Вклад речного стока в формирование водных масс Баренцева и Белого морей. Объектом воздействия речного стока является морская водная масса (ВМ). Солёность, как консервативный показатель состояния морской среды, позволяет оценивать вклад речного стока в водный баланс и процессы обновления вод с точностью, достаточной для удовлетворения многих запросов практики.

Дефицит солёности (С) прибрежной ВМ (или всего изолированного бассейна) можно интерпретировать как показатель вклада пресных вод, участвующих в формировании морской среды. Можно оценить доленое участие (С) пресных вод в морской ВМ как

$$C = (S_0 - S_{ВМ}) / S_0 \quad (1),$$

где С – дефицит солёности, ед.;

S_0 – солёность ВМ океанического происхождения, епс;

$S_{ВМ}$ – солёность опресненной ВМ, епс.

Расчёты следует вести по средним характеристикам ВМ. В качестве S_0 принимается солёность ВМ, с которой непосредственно происходит водообмен.

Водообмен – это совокупность физических процессов, приводящих к смене воды в водном объекте, замещению воды, находящейся в нём, водой, поступающей в него из сопредельных объектов. Величину водообмена определяют за единицу времени, чаще всего за год (*скорость водообмена*). В балансовых расчётах также важно знать время, за которое в процессе циркуляции обменивается объём воды, равный объёму ВМ (*период полного водообмена*) и разность между объёмом воды, поступающим через морскую границу ВМ за определенный период времени, и объёмом воды, вынесенным через неё же за этот период (*результатирующий водообмен*).

Величина результирующего водообмена определяется объёмом воды, поступающим с речным стоком и осадками, а также расходуемой на испарение, и может быть рассчитана по формуле:

$$W = F + 10^{-5} \times (P - E) \times Q \quad (2),$$

где W – результирующий водообмен, км³/год;
 F – речной сток, км³/год;
 $(P - E)$ – разность осадки – испарение, измеряемая в см слоя (10^{-5} – переводный множитель);
 Q – площадь ВМ, км².

Так как постоянство средних многолетних значений солёности при относительном постоянстве объёма ВМ обеспечивается компенсацией прихода пресных вод водообменом на морской границе водной массы, то результирующий водообмен можно выразить через дефицит солёности следующим образом:

$$W = V \times C \times N \quad (3),$$

где V – объём ВМ, км³;
 C – дефицит солёности, ед.;
 N – кратность полного водообмена ВМ, 1/год.

Уравняв правые части уравнений (2) и (3), можно найти кратность полного водообмена. Зная кратность водообмена и объём ВМ, легко найти скорость и период полного водообмена. При проведении расчётов нужно использовать средние многолетние показатели, так как водообмен и обновление водных масс проявляются на продолжительных отрезках времени.

Рассмотрим систему Баренцева и Белого морей. Воздействие речного стока распределено в ней крайне неравномерно. ВМ западной и центральной частей Баренцева моря имеют океаническое происхождение и отличаются высокой однородностью полей солёности при незначительных сезонных и многолетних изменениях. В заливах Белого моря и на юго-востоке Баренцева моря формируются прибрежные ВМ, в той или иной степени подверженные влиянию речного стока.

Оценка интенсивности водообмена для морских заливов, свободно сообщаемых с морем, путем натуральных измерений не представляется возможной. В таких условиях оценка водообмена через рассмотрение дефицита солёности водных масс заливов является актуальной.

Рассмотрим ВМ указанных заливов с позиции дефицита их солёности. Границы водных масс Баренцева и Белого морей были определены на основании работы (Комплексные..., 2011) (рис.2).

Затем были выполнены расчёты объёмов воды, заключенных в границах, показанных на рис. 2. Оценка объёмов ВМ Белого моря проводилась неоднократно и с разной точностью. Объёмы ВМ Баренцева моря до настоящего времени не рассчитывались. Для вычисления объёмов воды, заключенных в указанных границах, были использованы топографические карты масштаба 1:1000000, полностью покрывающие Белое море и батиметрическая карта Баренцева моря масштаба 1:2500000. Было рассчитано распределение площадей по ступеням глубин для каждой водной массы, а затем вычислен их объём.

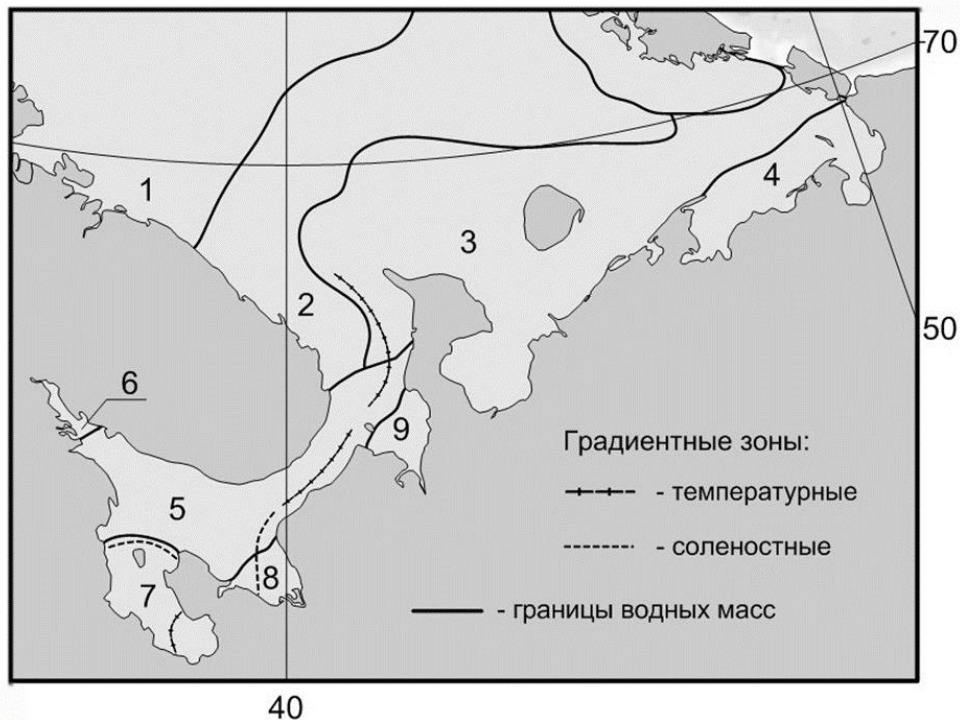


Рис. 2. Градиентные зоны и водные массы Баренцева и Белого морей.
 Водные массы: 1 – атлантическая; 2- баренцевоморская; 3 – канино-колгуевская; 4 – печорская; 5 – беломорская; 6 – кандалакшская; 7 – онежская; 8 – двинская; 9 – мезенская.

По материалам океанографической базы данных (Атлас климатических..., 2014) была рассчитана средняя многолетняя солёность водных масс Баренцева и Белого морей. При расчёте дефицита солёности для Баренцева и Белого морей отправной точкой послужила солёность атлантической ВМ. Её качественные характеристики близки к океаническим, разбавление речным стоком минимально, а средняя солёность отличается постоянством и составляет 34,8‰ в течение всего года. Рассчитанные средние многолетние характеристики исследуемых водных масс приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние многолетние характеристики водных масс заливов Белого и Баренцева морей

Водная масса	Средняя годовая солёность, епс	Дефицит солёности, ед.	Содержание пресных вод в водной массе, км ³	Период водообмена, год	Скорость водообмена, км ³ /год
Печорская	25.60	0.22	88.28	0.60	670.59
Мезенская	25.74	0.25	37.24	1.33	112.79
Двинская	16.77	0.38	74.42	0.69	282.99
Онежская	24.50	0.10	35.07	1.46	248.43
Кандалакшская	26.64	0.02	0.92	0.06	904.00

Данные табл. 1 позволяют ранжировать рассмотренные заливы по скорости обновления вод. Наиболее застойными являются Онежский и Мезенский заливы. В Двинском заливе и устьевой области Печоры в среднем за год обновление вод происходит в 2-2.5 раза быстрее. Кандалакшский залив является практически проточным. Это служит подтверждением отсутствия необходимости выделения прибрежной ВМ Кандалакшского залива, что ранее было обосновано только экспертной оценкой.

5.2. Источники загрязнения Баренцева и Белого морей. Моря, будучи зонами преобладания процессов аккумуляции, являются своеобразными «накопителями» загрязняющих веществ. В роли поставщиков загрязняющих веществ выступают материковый сток, воздушный перенос, судоходство и портовая деятельность, а также разработка подводных месторождений полезных ископаемых.

Вклад различных источников в загрязнение морей напрямую зависит от уровня социально-экономического развития и промышленной специализации регионов, расположенных в пределах их водосборов. Исходя из характера хозяйственной деятельности на водосборе и акватории Баренцева и Белого морей, наиболее вероятно загрязнение морских вод тяжёлыми металлами и нефтепродуктами.

Был рассмотрен вклад различных источников в поступление этих веществ в моря. Было выявлено, что вклад речного стока и атмосферного переноса в загрязнение Баренцева и Белого морей тяжёлыми металлами – это величины одного порядка. Вклад морского транспорта в загрязнение морских вод тяжёлыми металлами ничтожно мал. Вклад судоходства в загрязнение Баренцева и Белого морей нефтепродуктами ощутим за счёт потерь при отгрузке нефти. Сама же эксплуатация судов при строгом соблюдении природоохранных ограничений судоходства, контроле утечек при транспортировке грузов и отсутствии аварий не может оказывать сильного влияния на качество вод морей.

5.3. Качество речных вод и их воздействие на водную среду Баренцева и Белого морей. Были проанализированы официальные данные о состоянии водных ресурсов на водосборе Баренцева и Белого морей за 2011-2015 годы (Государственные доклады..., 2010-2016; Доклад..., 2009-2016; Качество поверхностных..., 2016), а также данные о качестве морских вод по гидрохимическим показателям (Качество морских..., 2005-2016; Комплексные исследования..., 2007).

Наиболее распространёнными загрязняющими веществами, обнаруживаемыми в реках водосбора Баренцева и Белого морей, являются соединения никеля, меди, железа, молибдена, а также марганец, ртуть, алюминий, дитиофосфат крезиловый, аммонийный и нитритный азот, органические вещества (по БПК₅ и ХПК).

Самые загрязнённые реки исследуемого водосбора расположены на Кольском полуострове. Это небольшие реки, являющиеся местами сбросов сточных вод крупных горнодобывающих предприятий и массовых сбросов сточных вод с различных предприятий г. Мурманск. Это реки Ньюдай, Хауки-лампи-йоки, Можель, Роста, Белая, ручей Варничный. Они являются экстремально грязными по комплексу ингредиентов и показателей качества воды. Несмотря на это, большая часть ЗВ поступает в Белое и Баренцево моря с крупными реками восточной части водосбора. Водность рек Кольского полуострова невелика, что обуславливает малое разбавление ЗВ и быстрое снижение качества речных вод. В абсолютных же величинах количество загрязняющих веществ, выносимых ими в море не столь значительно. В то же время,

реки бассейна восточной части Белого и юго-востока Баренцева морей отличаются значительным годовым стоком, и даже при относительно невысоких концентрациях ЗВ, в абсолютных величинах их количество может быть велико.

Особенности гидрографической сети способны частично ослабить негативное воздействие загрязненных вод. Способность рек Кольского полуострова и Карелии к ассимиляции загрязняющих веществ высока ввиду высокой озёрности их водосборов. При наличии источника загрязнения в верхнем или среднем течении таких рек, качество речных вод в нижнем течении остаётся высоким. Крупные реки восточной части водосборного бассейна, напротив, не имеют крупных озёр на своём протяжении, что создаёт условия для разноса загрязняющих веществ от верхнего течения к нижнему и выносу их в море.

5.4. Интегральная оценка потенциального воздействия речного стока на водную среду Баренцева и Белого морей. На основании известных природных и антропогенных особенностей отдельных участков объединённого Баренцево-Беломорского водосбора была разработана и применена методика интегральной оценки потенциального воздействия речного стока на морскую водную среду.

Основные положения методики интегральной оценки потенциального воздействия речного стока на морскую водную среду состоят в следующем:

1. Методика интегральной оценки потенциального воздействия речного стока на морскую водную среду должна быть простой. При этом методика должна наиболее полно учитывать ключевые условия формирования качества речных вод, и абстрагироваться от менее значимых.

2. Методика должна использовать оценочные параметры, хорошо обеспеченные открытыми данными.

3. Оценка проводится отдельно для каждого речного бассейна и межбассейновых пространств с учётом гидрологического районирования.

4. Учитываются две группы оценочных параметров:

- Природные (применительно к Баренцево-Беломорскому бассейну были выбраны параметры: озёрность и лесистость речного водосбора, сток наносов, уклон водосбора)
- Антропогенные (применительно к Баренцево-Беломорскому бассейну были выбраны параметры: плотность населения на территории речного водосбора, отношение объёма сточных вод к объёму стока реки)

5. Потенциальное воздействие речного стока на морскую водную среду зависит от соотношения двух комплексных показателей: потенциала самоочищения (ПС) и потенциала загрязнения (ПЗ) речных вод.

Потенциал самоочищения – это показатель, отражающий способность речного водосбора к ассимиляции загрязняющих веществ.

Потенциал загрязнения – это показатель, отражающий степень воздействия на речные воды природных и антропогенных источников загрязняющих веществ.

6. Потенциал самоочищения речных вод определяется рядом природных параметров. Количество параметров может изменяться в зависимости от особенностей исследуемого морского водосборного бассейна. Важно наиболее полно учесть все факторы, влияющие на самоочищение рек и минимально зависящие друг от друга. В данном случае принимается, что ПС зависит от: а) озёрности речного водосбора; б) лесистости речного водосбора; в) уклона речного водосбора.

7. Потенциал загрязнения речных вод определяется рядом природных и антропогенных параметров. Количество параметров может изменяться в зависимости от особенностей исследуемого морского водосборного бассейна. Важно наиболее полно учесть все факторы, влияющие на загрязнение рек и минимально зависящие друг от друга. В данном случае принимается, что ПЗ зависит от: а) отношения объема сточных вод к объёму стока реки; б) плотности населения на водосборе; в) стока наносов.

8. Все используемые при расчётах величины задаются на метрической шкале отношений.

9. Соотношение рассчитанных ПС и ПЗ отражает степень негативного влияния речных вод на морскую водную среду и представляется в виде итоговой карты-схемы. Чем более ПС превосходит ПЗ, тем меньшее негативное влияние оказывают речные воды с исследуемого водосбора на морскую среду и более благоприятным для дальнейшего хозяйственного освоения признаётся речной водосбор.

10. Итоговая карта-схема строится в одной из ГИС-программ. В данном случае была использована ГИС MapViewer.

Таблица 2

Общий алгоритм интегральной оценки потенциального воздействия речного стока на морскую водную среду

Этап	Характеристика
0	Исходные данные. Проводится инвентаризация всей имеющейся информации об исследуемом водосборном бассейне. Производится общее физико-географическое описание водосборного бассейна (геологическое строение, рельеф, особенности строения гидрографической сети, растительность, климат), необходимое для проведения гидрологического районирования. Также уточняется наличие или отсутствие информации о характеристиках, которые влияют на загрязнение и самоочищение речных вод и могут быть использованы в качестве величин для расчёта комплексных показателей ПС и ПЗ. Итоговый выбор конкретных параметров определяется наличием или отсутствием тех или иных данных.
1	Проведение комплексного гидрологического районирования морского водосборного бассейна. Степень влияния речного стока на морскую водную среду определяется характером взаимодействия различных природных и антропогенных факторов. Эти свойства изменяются в пределах водосборов морей. Поэтому для установления роли стока их необходимо выявить и обобщить на уровне гидрологического районирования водосбора.
2	Определение перечня природных и антропогенных особенностей речных водосборов, которые будут использованы для расчёта ПС и ПЗ. Исходя из того, какие параметры наиболее отличают гидрологические районы между собой, а также наличия данных.
3	Определение относительной значимости отобранных для расчёта ПС и ПЗ природных и антропогенных особенностей водосборов. Задаются весовые коэффициенты для каждого фактора. Сумма весовых коэффициентов в пределах одного комплексного показателя (ПС или ПЗ) должна быть равна 1.

4	<p>Расчёт комплексных показателей ПС и ПЗ для отдельных речных водосборов и межбассейновых промежутков с учётом гидрологического районирования.</p>										
	<p>4.1. Отобранные для расчёта ПС и ПЗ показатели природных и антропогенных особенностей речных водосборов должны быть выражены в принятых для них единицах.</p>										
	<p>4.2 Показатели нормируются на диапазон от 0 до 1 по формулам:</p> $y(x) = \frac{x-x_{min}}{x_{max}-x_{min}} \quad (3)$ $y(x) = \frac{x_{max}-x}{x_{max}-x_{min}} \quad (4),$ <p>где x – значение нормируемой величины, x_{max}, x_{min} – максимальное и минимальное значение величины x, y – нормированный показатель</p> <p>Формула 3 используется для показателей 1 типа (рост показателя увеличивает рассчитываемую интегральную величину), формула 4 – для показателей 2 типа (рост показателя уменьшает рассчитываемую интегральную величину)</p> <p>Полученные величины являются безразмерными</p>										
	<p>4.3. Интегральные показатели ПС и ПЗ для каждого водосбора находятся путем сложения величин нормированных оценочных показателей с учетом их весовых коэффициентов.</p> $ПС = k_1 \times A_1 + k_2 \times A_2 + \dots + k_n \times A_n \quad (5)$ $ПЗ = p_1 \times B_1 + p_2 \times B_2 + \dots + p_n \times B_n \quad (6),$ <p>где $k_1, k_2, k_n; p_1, p_2, p_n$ – весовые коэффициенты $A_1, A_2 \dots A_n$ – факторы, влияющие на самоочищение рек и минимально зависящие друг от друга $B_1, B_2 \dots B_n$ – факторы, влияющие на загрязнение рек и минимально зависящие друг от друга</p>										
5	<p>Расчёт соотношения интегральных показателей ПС и ПЗ и определение преобладания в пределах отдельных речных водосборов процессов самоочищения либо процессов загрязнения речных вод.</p> <p>Индекс потенциального воздействия речного стока (ИПВРС) на морскую водную среду определяется соотношением ПЗ и ПС на речном водосборе:</p> $ИПВРС = ПЗ/ПС \quad (7)$ <p>Методом равных интервалов задаётся шкала оценки величины ИПВРС и определяется четыре типа условий на водосборах.</p> <p>Степени негативного воздействия на речные водосборы:</p> <table border="1" data-bbox="316 1792 1428 2033"> <thead> <tr> <th>Интервал показателя ИПВРС</th> <th>Негативное воздействие на водосбор</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 – 0.33</td> <td>слабое</td> </tr> <tr> <td>0.34-0.66</td> <td>умеренное</td> </tr> <tr> <td>0.67-1</td> <td>значительное</td> </tr> <tr> <td>>1</td> <td>сильное</td> </tr> </tbody> </table>	Интервал показателя ИПВРС	Негативное воздействие на водосбор	0 – 0.33	слабое	0.34-0.66	умеренное	0.67-1	значительное	>1	сильное
Интервал показателя ИПВРС	Негативное воздействие на водосбор										
0 – 0.33	слабое										
0.34-0.66	умеренное										
0.67-1	значительное										
>1	сильное										

В качестве входных данных была использована открытая информация о характеристиках речных водосборов. Озёрность, лесистость, уклон речных водосборов были рассчитаны при использовании картографических материалов.

Озёрность – это отношение суммарной площади водной поверхности озёр (и водохранилищ), расположенных в пределах водосбора, к общей площади водосбора.

Лесистость – это отношение покрытой лесом площади, расположенной в пределах водосбора, к общей площади водосбора.

Показатели озёрности и лесистости водосборов получены при использовании справочных и картографических данных (Атлас СССР, 1983; Аннотированный экологический..., 2010; Толстиков и др., 2017) и выражены в процентах.

Уклон рек и объединённых водосборов рассчитывался по формуле:

$$H = \frac{H_{\max}}{L} \quad (8),$$

где H_{\max} – высота истока главной реки (для объединённых водосборов – максимальная высота водосбора), м;

L – длина реки, либо (для объединённых водосборов) расстояние между точкой H_{\max} и ближайшей точкой на побережье, км.

Плотность населения на водосборах рек рассчитана как отношение количества человек, проживающих на водосборе, к площади водосбора. Число жителей на водосборах было рассчитано по данным всероссийской переписи населения в 2010 году (Федеральная служба государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/>), площади водосборов вычислены при использовании ГИС MapViewer.

Для оценки *объёмов сброса сточных вод* в поверхностные водные объекты были проанализированы официальные данные о водопользовании (Государственный доклад..., 2016а; Государственный доклад..., 2010а; Качество поверхностных..., 2016; Двино-Печорское бассейновое водное управление. <http://www.dpbvu.ru>; Невско-Ладожское бассейновое водное управление. <http://www.nord-west-water.ru>) и отобраны договоры на пользование поверхностными водными объектами, расположенными на территории Баренцево-Беломорского водосбора.

Средний годовой объём стока наносов рассчитывался с использованием данных государственного водного кадастра по формуле:

$$V = R \cdot W \quad (9),$$

где R – содержание взвеси в объёме воды, т/км³;

W – средний годовой объём речного стока, км³/год.

Полученные результаты были использованы для районирования водосбора по степени негативного влияния речных водосборов на качество вод Баренцева и Белого морей (рис.3).

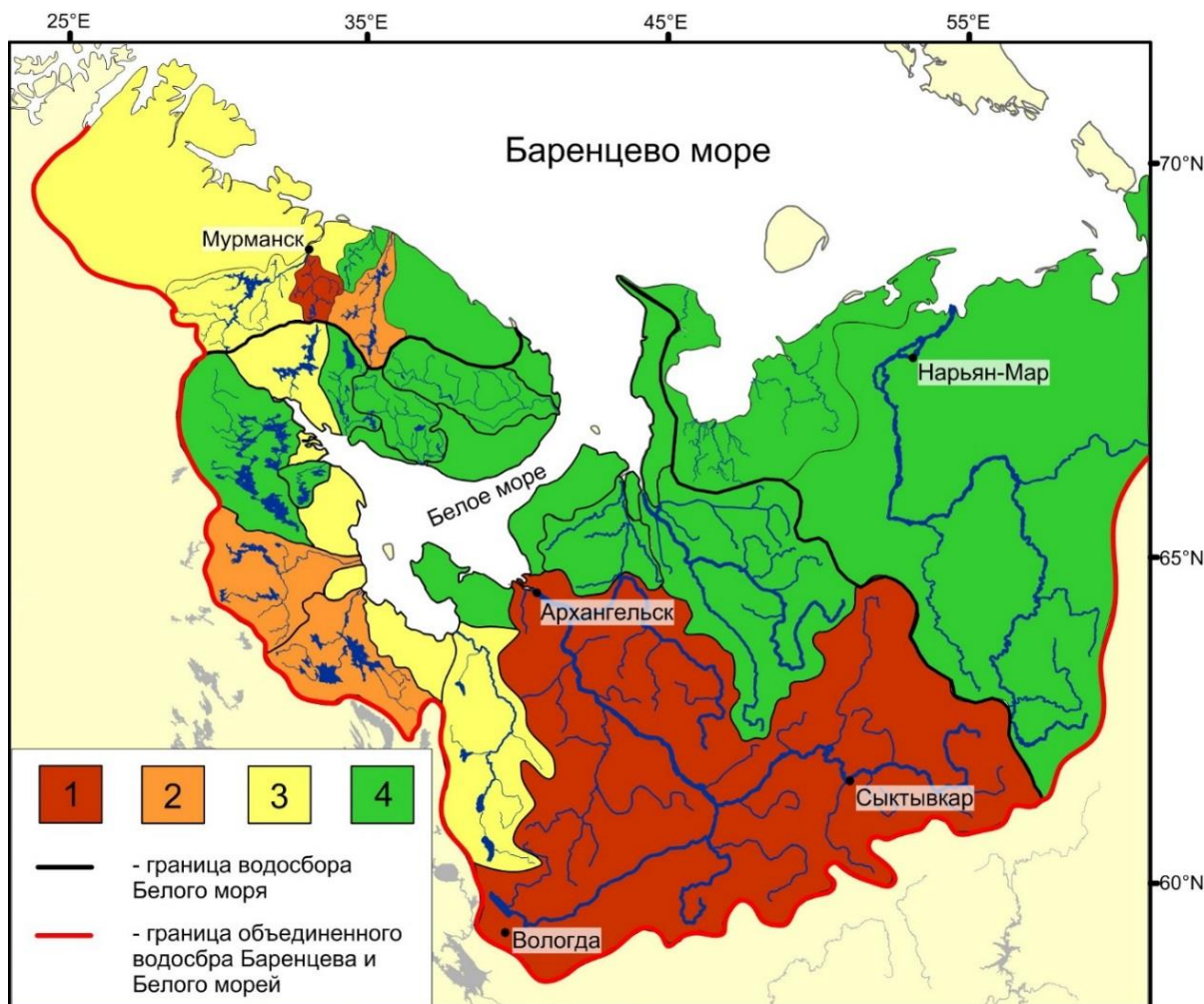


Рис. 3. Районирование водосбора по степени негативного воздействия речного стока на качество морских вод.

Потенциальное воздействие речного стока на морские акватории:

1 – сильное; 2 – значительное; 3 – умеренное; 4 – слабое

Влияние материкового стока на морскую водную среду, показанное на карте-схеме, рассматривается как потенциальное, так как учтены лишь особенности водосборов. Интенсивность водообмена в заливах различна. Заливы с более длительным периодом полного водообмена наиболее подвержены воздействию речного стока. Поэтому действительное влияние речного стока на морскую среду складывается из двух основных составляющих: загрязняющий потенциал рек и особенности непосредственно морской среды (см. далее п.5.5).

Данные интегральной оценки отражают загрязняющий потенциал рек, а индексы загрязненности воды (ИЗВ, УКИЗВ) характеризуют непосредственно качество воды. Так, например, качество воды в малой реке, являющейся местом сброса сточных вод, может быть крайне низким, но с учётом небольшого стока, такая река может не иметь существенного загрязняющего потенциала. В то же время, крупная река даже при небольших концентрациях загрязняющих веществ, будет выносить в абсолютных величинах большое их количество и оказывать существенное загрязняющее воздействие на морскую среду. По этой причине прямое сравнение результатов интегральной оценки и данных о качестве речных вод будет некорректным.

Более информативным представляется сравнение полученных результатов с данными гидрохимических наблюдений в заливах. Согласно нашей оценке, воздействие рек Северная Двина и Кола на морскую среду характеризуется как сильное, что означает неспособность природных условий водосбора реки нивелировать процессы загрязнения речных вод. Такие реки создают сильное загрязняющее воздействие на прибрежные морские воды. Химический анализ качества вод Двинского залива также показывает, что вода не соответствует санитарным нормам. Было зафиксировано превышение ПДК нефтяных углеводородов, фенольных соединений, СПАВ, меди и цинка (Брызгалов, Иванов, 2002; Толстикова, Чернов, 2014; Немировская, Травкина, Трубкин, 2015; Качество морских..., 2016; Мохова и др., 2016).

Данных наблюдений за качеством вод Онежского залива по гидрохимическим показателям крайне мало. В работе (Кадашова, 2011) отмечено загрязнение поверхностного слоя вод Онежского залива, при относительно высоком качестве глубинных вод. Загрязнение поверхностного слоя прибрежных вод и вод заливов, чаще всего связывают с воздействием речного стока. Отмечено эпизодическое превышение ПДК нефтепродуктов, фенолов и меди в кутовых частях залива (Мохова и др., 2016). Для водосборов рек Выг и Кемь, впадающих в залив, потенциальное влияние речного стока на морскую водную среду характеризуется как значительное – нагрузка на водосборы этих рек велика и сказывается на качестве морских вод. Водосбор Онеги, исходя из соотношения ПС и ПЗ, хорошо справляется с существующими антропогенными нагрузками и сток р. Онега не должен оказывать существенного негативного влияния на воды Онежского залива.

По нашей оценке, реки водосбора Кандалакшского и Мезенского заливов хорошо справляются с загрязнителями, поступающими на их водосборы, и не создают существенной нагрузки на морские прибрежные воды. Согласно данным ежегодника (Качество морских..., 2016) в районе порта г. Кандалакша качество воды по комплексному индексу загрязнённости (ИЗВ) в 2015 году оценивалось классом 3, «умеренно загрязнённые». Следует учитывать, что уровень загрязнения морских вод в портах, как правило, связан в большей степени с портовыми операциями. В Кандалакшском заливе за пределами порта превышения ПДК по основным загрязнителям обнаружено не было.

В целом, данные гидрохимических наблюдений хорошо соотносятся с результатами интегральной оценки. Полученная схема районирования позволяет наглядно продемонстрировать комплекс природно-хозяйственных факторов на речных водосборах бассейна Белого моря. Предложенная схема районирования может быть использована для разработки научно-обоснованного комплекса природоохранных мероприятий на водосборе, а также разработки плана промышленного развития территорий.

5.5. Заливы Белого и юго-востока Баренцева морей как объекты воздействия речного стока. Данные о водообмене между отдельными акваториями моря, рассчитанные по дефициту солёности, можно использовать для оценки степени влияния речного стока на качество морской среды и прогнозирования уязвимости отдельных акваторий при увеличении сбросов загрязняющих веществ с водосбора. Так как относительный дефицит солёности опосредованно выражает количество пресных

вод в ВМ, то зная качество этих пресных вод, можно рассчитать их загрязняющую способность.

Загрязняющее воздействие речного стока на отдельные акватории морей, можно оценить, как:

$$K = \bar{A} \times C \quad (10),$$

где K – коэффициент загрязняющего воздействия речного стока на ВМ;

C – дефицит солёности, ед.;

\bar{A} – средний взвешенный по объёму стока класс качества воды по удельному комбинаторному индексу загрязнённости воды (УКИЗВ), ед.

$$\bar{A} = \frac{\sum(A_n \times f_n)}{\sum f_n} \quad (11),$$

где A_n – класс качества воды по УКИЗВ в замыкающих створах рек водосбора, ед.;

f_n – средний годовой объём стока рек с определённым классом качества воды в замыкающем створе, км³.

Таким образом, коэффициент K отражает степень влияния поступающего с речным стоком объёма ЗВ на водную массу при существующих условиях водообмена. Расчёт загрязняющего воздействия речного стока на ВМ заливов дал следующие результаты (табл. 3)

Таблица 3

Оценка загрязняющего воздействия речного стока на водные массы

Водная масса	\bar{A} , ед.	C , ед.	Коэффициент загрязняющего воздействия речного стока K
Печорская	4	0.22	0.88
Мезенская	4	0.25	0.99
Двинская	3.5	0.38	1.34
Онежская	4	0.10	0.39
Кандалакшская	2	0.02	0.04

Исходя из наших расчётов, двинская ВМ испытывает наибольшее воздействие со стороны речного стока, и необходимо сокращение выбросов ЗВ в реки водосбора Двинского залива. Согласно исследованиям других авторов, состояние вод Двинского залива по уровню загрязнения превосходит другие заливы Белого моря и может быть оценено как критическое (Кадашова, 2011; Толстиков, Чернов, 2014).

Коэффициент K отражает непосредственно воздействие речного стока на воды заливов. Давать оценку качества морских ВМ только на основании K нельзя. Следует также учитывать антропогенные воздействия непосредственно на саму акваторию. Морское судоходство, портовые сооружения, коммунальное хозяйство и промышленность на побережье, захоронение отходов, изменение рельефа дна, разрушение берегов вследствие антропогенных воздействий могут оказывать ничуть не меньшее или даже более значительное загрязняющее влияние на ВМ. Тем не менее, коэффициент загрязняющего воздействия рек на отдельные ВМ может быть полезен

при планировании размещения предприятий-водопользователей и установлении режима их водопользования на водосборах морей.

Для предложенной выше оценки загрязняющего воздействия речного стока на морские акватории с использованием показателя дефицита солёности необходимы данные гидрохимических наблюдений в замыкающих створах рек.

При отсутствии таких данных можно использовать вместо показателя класса качества воды по УКИЗВ результаты интегральной оценки. Загрязняющее воздействие речного стока на отдельные акватории морей, можно оценить, как

$$P = \bar{I} \times C \quad (12),$$

где P – коэффициент загрязняющего воздействия речного стока на ВМ;

C – дефицит солёности, ед.;

\bar{I} – средний взвешенный по объёму стока индекс потенциального воздействия речного стока (ИПВРС) рек, впадающих в залив.

$$\bar{I} = \frac{\sum(I_n \times f_n)}{\sum f_n} \quad (13),$$

где I_n – индекс потенциального воздействия речного стока (ИПВРС) реки, впадающей в залив, рассчитанный по формуле (7);

f_n – годовой объём стока реки, км³.

Чем меньшее значение принимает P , тем меньшее негативное воздействие на морскую среду оказывают речные воды. Расчёт загрязняющего воздействия речного стока на ВМ заливов с применением интегрального показателя дал следующие результаты (табл. 4)

Таблица 4

Оценка загрязняющего воздействия речного стока на водные массы

Водная масса	\bar{I}	C , ед.	Коэффициент загрязняющего воздействия речного стока P
Печорская	0.093	0.22	0.020
Мезенская	0.197	0.25	0.049
Двинская	1.304	0.38	0.496
Онежская	0.624	0.10	0.062
Кандалакшская	0.219	0.02	0.004

Исходя из оценки, заливы по мере увеличения загрязняющего воздействия на них речного стока можно расположить следующим образом: Кандалакшский, Печорский, Мезенский, Онежский, Двинский. Если в Печорском заливе малая загрязняющая способность речного стока обусловлена малым количеством источников загрязнения на водосборе, то в Кандалакшском заливе речной сток не оказывает значительного влияния ввиду большой интенсивности водообмена в заливе.

Преимуществом расчётов с использованием интегральных показателей, следует назвать уход от недостатков УКИЗВ. Существенный недостаток использования УКИЗВ – сравнение измеренных концентраций с их ПДК. Зачастую значения ПДК в речной воде просто не могут быть соблюдены в силу высокого геохимического фона. Речные системы, не испытывающие антропогенной нагрузки, по результатам расчёта УКИЗВ могут быть охарактеризованы низким классом качества воды. Например, воды реки Мезень в замыкающем створе по УКИЗВ были охарактеризованы 4 классом качества воды (грязные), хотя крупных источников загрязнения на водосборе реки нет. При расчёте интегральных показателей, посредством присвоения различного веса факторам, учитывается возможность поступления природных веществ с водосбора, но при этом в качестве основного источника загрязнения рассматривается антропогенная нагрузка.

Таким образом, оценка уровней загрязнения системы «река-морской залив» на основе интегральных показателей и скорости обновления морских вод является более хозяйственно-ориентированной и может удовлетворить многие запросы практики, связанные с планированием промышленного освоения водосборов морей.

Выводы

1. Выявлена сезонная изменчивость и пространственная неоднородность в поступлении речного стока в различные части Баренцева и Белого морей. Наибольшие сезонные различия в объёмах стока наблюдаются на реках водосбора восточной части Белого и юго-востока Баренцева морей. Речной сток на реках водосбора западной части Белого моря и мурманского берега Баренцева моря распределяется более равномерно в течение года.

Также существует значительная пространственная неоднородность в распределении речного стока в различные части Белого и Баренцева морей. Средний годовой сток с восточной части объединённого водосбора превышает сток с западной его части более чем в 4 раза.

2. Предложен метод оценки скорости обновления вод в заливах, основанный на солёности как консервативном показателе качества морской среды. Рассчитана скорость обновления вод в заливах Баренцева и Белого морей. Полное обновление вод Онежского залива занимает 1.46 года, Мезенского залива – 1.33 года, Двинского – 0.69 года, Печорского – 0.60 года, Кандалакшского – 0.06 года.

3. Предложен метод оценки загрязняющего потенциала материкового стока, исходя из природных и антропогенных особенностей водосбора. На его основе выполнено районирование Баренцево-Беломорского водосборного бассейна по уровню устойчивости речных водосборов к существующей антропогенной нагрузке.

4. Разработана методика комплексной оценки воздействия речного стока на морскую водную среду, учитывающая загрязняющий потенциал материкового стока и особенности динамики морских вод.

5. Дана оценка загрязняющего воздействия речного стока на воды заливов Белого и юго-востока Баренцева морей. Исходя из оценки, заливы по мере увеличения загрязняющего воздействия на них речного стока можно расположить следующим образом: Кандалакшский, Печорский, Мезенский, Онежский, Двинский.

Заключение

Разработанные в процессе проведения исследований методы и подходы могут быть применены не только для оценки современного влияния речного стока на прибрежные водные массы при существующих уровнях антропогенной нагрузки, но и при планировании с целью осуществления того или иного вида хозяйственной деятельности или в режиме сценариев возможных экологических катастроф.

Исследование выявило, что в настоящий момент наибольшую нагрузку испытывают воды Двинского залива Белого моря, что связано с интенсивной хозяйственной деятельностью на его водосборе и медленным обновлением вод залива. Наиболее благоприятные условия складываются в Печорском и Кандалакшском заливах. Но если в Печорском заливе малая загрязняющая способность речного стока обусловлена малой антропогенной нагрузкой на водосбор, то в Кандалакшском заливе речной сток не оказывает значительного влияния ввиду большой интенсивности водообмена в заливе. В Онежском заливе скорость водообмена низкая, что создаёт предпосылки для быстрого ухудшения качества его вод в случае даже незначительного увеличения поступления загрязняющих веществ с речным стоком. Поэтому усиление антропогенной нагрузки на реки водосбора Онежского залива нежелательно.

Для дальнейшего хозяйственного освоения предпочтительны водосборы рек Поной, Умба, Варзуга, Ковда, Кереть, Кулой, Мезень, Печора. Водосборы рек Кола и Северная Двина в настоящее время уже испытывают повышенную антропогенную нагрузку. Нагрузка на водные ресурсы других исследованных водосборов не превышает допустимые пределы, однако её дальнейшее увеличение может привести к негативным последствиям для прибрежных экосистем.

Результаты исследования могут использоваться предприятиями промышленности при планировании освоения территории водосбора, органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны и контроля окружающей среды, а также для разработки и обоснования комплекса природоохранных мероприятий. В связи с этим исследование имеет не только теоретическую значимость, но и большой потенциал для практического использования.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Работы, опубликованные в рекомендованных ВАК изданиях:

1. Булавина А.С., Дженюк С.Л. Дефицит солёности как показатель воздействия речного стока на морскую среду // Наука Юга России. – 2017. Т.13. №2. С. 50-59
2. Булавина А.С. Особенности формирования речного стока в озёрно-речных системах водосбора западной части Белого моря // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17, № 3. С. 161-172. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.3
3. Булавина А.С. Районирование водосбора Белого моря по степени воздействия материкового стока на морскую водную среду // Вестник МГТУ. 2018. Т.21, №1. С. 117-127. DOI: 10.21443/1560-9278-2018-21-1-117-127
4. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Булавина А.С. Интегральная оценка потенциального воздействия речного стока на водную среду Белого моря // Доклады академии наук. 2018. Т.481. №2. С. 1-4. DOI: 10.31857/S086956520001205-8

Другие опубликованные работы:

5. Булавина А.С. Общие особенности гидрологического режима рек западной части бассейна Белого моря // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2015. №12. С. 134-137
6. Булавина А.С. Гидрологический режим озёрно-речных систем западной части бассейна Белого моря // Водные ресурсы: изучение и управление (лимнологическая школа-практика), Том 1: материалы V международной конференции молодых учёных 5-8 сентября 2016 г. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. С. 155-157
7. Булавина А.С. Антропогенное влияние на режим рек водосборов Баренцева и Белого морей // 1ая региональная научно-практическая конференция «Будущее Арктики начинается здесь» (28 апреля 2017 г.). Тезисы докладов. Часть 1 / отв. ред. Н.Г. Дяченко. Апатиты: Изд. филиала МАГУ в г. Апатиты, 2017. С. 5-6
8. Булавина А.С. Вклад речного стока в формирование водных масс БМЭ Баренцева моря // Исследования экосистем морей Арктики: матер. XXXV конф. Молодых ученых ММБИ КНЦ РАН, посвященной Году экологии в России / отв.ред. Д.В. Моисеев. Мурманск: изд. ММБИ КНЦ РАН, 2017. С. 25-30
9. Булавина А.С. Опыт обработки больших массивов океанографических данных посредством доступных программных средств // Путь в науку: материалы региональной научно-практической конференции, 17-22 апреля 2017 года / отв. ред. А.А. Ляш. Мурманск: МАГУ, 2017. С. 31-34
10. Булавина А.С. Интегральная оценка потенциального влияния речного стока на водную среду Белого моря // Материалы международной конференции «Живая природа Арктики: сохранение биоразнообразия, оценка состояния экосистем», 30 октября – 3 ноября 2017 г. Архангельск. 2017. С. 40-41
11. Булавина А.С. Антропогенное загрязнение рек Баренцево-Беломорского региона // Проблемы Арктического региона: труды XVI Международной научной конференции студентов и аспирантов (г. Мурманск. 16 мая 2017 г.). Мурманск: Полиграфист, 2017. С. 171-175
12. Булавина А.С. Качество речных вод и их воздействие на водную среду Баренцева и Белого морей // Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук: Международного научного форума «Достижения академической науки на Юге России»; Международной молодежной научной конференции «Океанология в XXI веке: современные факты,

модели, методы и средства» памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова; Всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки» (г. Ростов-на-Дону, 13–16 декабря 2017 г.) / [гл. ред. акад. Г.Г. Матишов]. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. С. 302–305

13. Булавина А.С. Оценка ассимиляционной ёмкости системы «река-морской залив» (на примере реки Северная Двина) // Развитие арктических территорий: опыт, проблемы, перспективы: материалы международной научно-практической конференции (г. Мурманск, 12-15 декабря 2017 г.) / [Науч.редактор Г.В.Жигунова]. Красноярск: ООО «Научно-инновационный центр», 2018. С. 326-329

14. Булавина А.С. Оценка устойчивости системы «Северная Двина – Двинский залив» к антропогенному загрязнению // Дельты рек России: закономерности формирования, биоресурсный потенциал, рациональное хозяйствование и прогнозы развития: материалы Международной молодежной научной конференции памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова (г. Ростов-на-Дону, 4–6 сентября 2018 г.) / [гл. ред. акад. Г.Г. Матишов]. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. С. 24–27.

15. Булавина А.С. Развитие представлений о процессах смешения речных и морских вод в устьях рек // Вестник студенческой науки МАГУ: сб. науч. статей / отв. ред. Е.С. Ганич. - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2018. С. 82-90.

16. Булавина А.С. Источники антропогенной нагрузки на прибрежные воды Баренцева моря // Арктические берега: путь к устойчивости: материалы XXVII международной береговой конференции / отв.ред. Е.А. Румянцева. Мурманск: МАГУ, 2018. С. 282-285.

17. Булавина А.С. Оценка устойчивости системы река-морской залив к антропогенному загрязнению // матер. XXXVI конф. Молодых ученых ММБИ КНЦ РАН, посвященной 40-летию научно-исследовательского судна «Дальние Зеленцы» / отв.ред. Д.В. Моисеев. – ММБИ: изд. ММБИ КНЦ РАН, 2018. С. 28-31

18. Булавина А.С. Источники загрязнения Баренцева и Белого морей // II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Будущее Арктики начинается здесь» (18 - 20 апреля 2018 г.). Тезисы докладов. Часть 2 / отв. ред. Н.Г. Дяченко. Апатиты: Изд. филиала МАГУ в г. Апатиты, 2018. С. 34-35