



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(дипломный проект)

«Исследование морфометрических
изменений, происходящих в местах
На тему **захоронения грунта на акватории**
Архангельского морского порта»

Исполнитель Шевченко Б. А.

Руководитель к.г.н., доцент Исаев Д.И

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

«17» ию 2016г.

Санкт-Петербург
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра
Гидрологии суши

Дипломная работа
по дисциплине «Гидрометрия»:
«Исследование морфометрических изменений происходящих в местах
захоронения грунта на акватории Архангельского морского порта и
подготовка рекомендаций по рациональному использованию свалок»

Выполнил:
Студент ФЗО
Шевченко Б. А.
Руководитель:
Исаев Д.И..

Санкт-Петербург
2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ.....	5
1.1. Роль эволюционных процессов в формировании объекта	5
1.2. Краткая физико-географическая характеристика.....	7
1.3. Особенности гидролого-морфологических процессов.....	13
2. ИССЛЕДОВАНИЯ БАРОВОГО УЧАСТКА	21
2.1. Исследования барового участка дельты реки Северной Двины.....	21
2.2 Современное техногенное воздействие на морфологию.....	28
северной части устьевой области реки Северной Двины.....	28
3 ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ ДАБОТЫ НА АКВАТОРИИ	
АРХАНГЕЛЬСКОГО МОРСКОГО ПОРТА В 2013 ГОДУ	36
3.1. Отвал грунта у затонувшего парохода «Уссури» (Район №150).....	36
3.2. Морские отвалы грунта и заносимость канала Мудьюгских башен.....	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	47
ПРИЛОЖЕНИЯ	48

ВВЕДЕНИЕ

Понятие «устье» происходит от русского слова «уста»(рот), похожий смысл имеет слово устье и у других народов, например, в английском языке слово «mouth» - одновременно рот, уста и устье. Понятие «устье реки» широко используется в географии, но имеет неопределённость, так как не ясно, это створ впадения реки в принимающий водоём или это некоторое пространство (акватория). Если рассматривать устье как пространство, то важными вопросами являются выборка размерности протяжённости устья, выбор и оценка её составных частей как отдельной акватории со своими режимными отличиями. В связи с необходимостью решения этих вопросов известный русский географ И.В. Самойлов ввёл понятие «устьевая область реки»[2].

Устьевая область реки Северной Двины расположена в северной части Русской равнины. На устьевом участке Северной Двины располагается крупнейший на Севере России г.Архангельск с морским и речным портами. Непосредственно в устье Северной Двины расположен другой крупный город – Северодвинск, а так же большой центр бумажной промышленности – Новодвинск. Таким образом, устьевая область реки Северной Двины является одной из наиболее урбанизированных, промышленно и транспортно освоенных объектов на севере европейской части России. В настоящий момент новое развитие получает проект строительства глубоководного морского порта. Его планируют построить на взморье, в Сухом море, в районе северной оконечности о. Мудьюгский.

Устья рек, как известно, играют важнейшую роль в судьбе накопления речного осадочного материала на пути с суши в моря, включающего в себя и загрязняющие вещества. Другими словами, дельты рек, и в особенности эстуарии, служат весьма эффективными седиментационными ловушками, в них отлагается значительная часть поступающих наносов.

Распределение поступающего в устьевую область осадочного материала, а также абразия берегов определяются факторами, которые делятся на две группы[4]:

1).Природные (естественные);

2).Антропогенные.

Природные факторы в свою очередь делятся на два вида:

а) гидрологические (речной и морской) факторы: сток воды, уровень, температура воды, минерализация (солёность), химический состав, ледовые явления, физико-химические свойства наносов, сток взвешенных и влекомых наносов и их распределение вдоль берегового потока, русловые процессы и биота;

б) местные физико-географические (ландшафтные) факторы, которые в свою очередь делятся на следующие факторы:

- факторы , не зависящие от устьевых процессов: климатические и метеорологические условия, геологическое строение (литология) подстилающих пород, многолетняя мерзлота, тектоника и др.;
- факторы, зависящие от устьевых процессов: аккумулятивные формы рельефа, гидрографическая сеть дельты, почвенно – растительный покров и др.

Эти факторы, являющиеся продуктом устьевых процессов, оказывают на них обратное влияние, например, почвенно-растительный покров влияет на гидрологические и морфологические процессы(ослабление течений, задержка наносов, предохранение берегов от размыва и т.д.).

При анализе свойств водных экосистем одним из главных условий является фактор временем, поэтому важным показателем служит временная изменчивость параметров, или временная динамика.

1. УСТЬЕВАЯ ОБЛАСТЬ РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

1.1. Роль эволюционных процессов в формировании объекта

В береговой зоне океанов, морей и озер находятся весьма специфические природные объекты — устья рек. Эти объекты, несмотря на небольшие географические размеры, играют важнейшую роль в формировании экологического состояния Мирового океана и гидросферы в целом.

Объектом исследования в данной работе была выбрана устьевая область реки Северной Двины, являющаяся основной водной артерией региона, древней колыбелью цивилизации на Русском Севере. В современный период это сложный географический объект с многорукавной дельтой и с приглубым устьевым взморьем. Во время послеледниковой трансгрессии на месте современной дельты и взморья Северной Двины возник мелководный морской залив. При снижении уровня Мирового океана 5-8 тыс. лет назад в вершине этого залива сформировалась лагуна, отделенная от моря цепью береговых баров, возникших под влиянием волнения. Внутри лагуны начали возникать острова речного происхождения, так стала зарождаться дельта [1]. Долина устьевой области реки была хорошо выработана в толще морских и ледниковых четвертичных отложений, залегающих на коренных породах палеозоя и каменноугольного периода — красных глинах, песчаниках и известняках.

Современная гидрографическая сеть устьевой области Северной Двины сформировалась в процессе заполнения речными наносами древнего эстуария, существовавшего с бореального времени (раннего голоцена). Современный облик дельта реки приобрела в конце суббореального времени, когда уровень Белого моря стабилизировался. Дельту Северной Двины можно классифицировать как дельту выдвижения.

Постепенно сформировались крупные дельтовые острова, разделившие

реку на крупные рукава: Никольский, Мурманский (он был вначале самым многоводным) и Корабельный. Генеральной особенностью динамики дельты является четко выраженная и устойчивая тенденция к смещению трех основных рукавов дельты к востоку. Это смещение происходит вследствие боковой эрозии и достигло суммарной величины 5-7 км (за период около 5000 лет). Под воздействием преобладающих западных ветров береговые бары дельты смещались на восток, что предопределило смещение в этом направлении и устьев основных рукавов дельты. В результате направление рукавов искривилось, активизировался размыв правых берегов рукавов, Левобережная система водотоков Никольского рукава стала постепенно атрофироваться.

Миграция береговых баров вдоль морского края дельты продолжается и в настоящее время [2]. Отмечено заметное смещение некоторых островов в восточном направлении, что усиливает процесс заносимости канала в Мурманском устье. Из-за относительно небольшого стока наносов русловые процессы замедлены. Интенсивность отложения наносов в дельте в среднем 1-5 см/г. [3]. Отметим, что в деформациях дна взморья и переформированиях береговых баров, кос и островов велика роль штормового волнения.

С появлением в дельте реки Северной Двины человека и созданием им в этом районе поселений и разработки земли под сельскохозяйственные, а затем и под промышленные объекты происходит антропогенное воздействие на природный ландшафт. В связи с дальнейшим транспортным освоением устья Северной Двины и развитием тяготеющего к нему Северодвинского территориально-производственного промышленного узла антропогенная нагрузка на устьевую область реки, и в особенности на ее дельту, постоянно возрастает.

В результате воздействия как естественных природных факторов (ледохода, наводнения, штормов, ветровых нагонов воды в дельте), так и антропогенного влияния на географический ландшафт устья реки

Северной Двины происходит его изменение. Изменяются очертания берегов, рельеф, батиметрия и др. В результате воздействия как природных, так и антропогенных факторов исчезают некоторые географические объекты (острова, реки, протоки и так далее) или появляются новые. Очевидно, что эволюционные процессы в устье реки продолжаются и в современный период.

1.2. Краткая физико-географическая характеристика

Климат в районе территории устьевой области реки Северной Двины характеризуется прохладным летом и холодной зимой. Климатические условия на данной территории суровые. Зима (конец октября—начало апреля) умеренно-холодная, с пасмурной погодой, частыми метелями. Температура воздуха в отдельные годы опускается до -40°C и ниже. Относительная влажность воздуха зимой очень высокая (около 90%). Дни зимой короткие (в декабре около 4,5 часа). Толщина снежного покрова в конце зимы 0,5-0,7 м. Весна (начало апреля—середина июня) прохладная. Лето (середина июня—конец августа) дождливое, пасмурное. Температура воздуха держится около $12-15^{\circ}\text{C}$, максимум 32°C . Летом часто наблюдаются туманы, затяжные морозящие дожди. С конца мая по конец июля длятся белые ночи. Осень (сентябрь—октябрь) холодная, дождливая, с частыми густыми туманами, низкой сплошной облачностью. Днем температура воздуха держится около $3-9^{\circ}\text{C}$, ночью — $2-4^{\circ}\text{C}$. В октябре часто идет снег, на море часты штормы. Ветры переменные, весной и летом преобладают ветры северо-восточные, зимой и осенью — юго-западные, южные. Преобладают ветры со скоростью 5-8 м/с, сильные штормовые ветры 15-25 м/с бывают чаще зимой.

Устьевая область Северной Двины относится к дельтовому типу и состоит из устьевого участка реки и устьевого взморья (рис. 1).

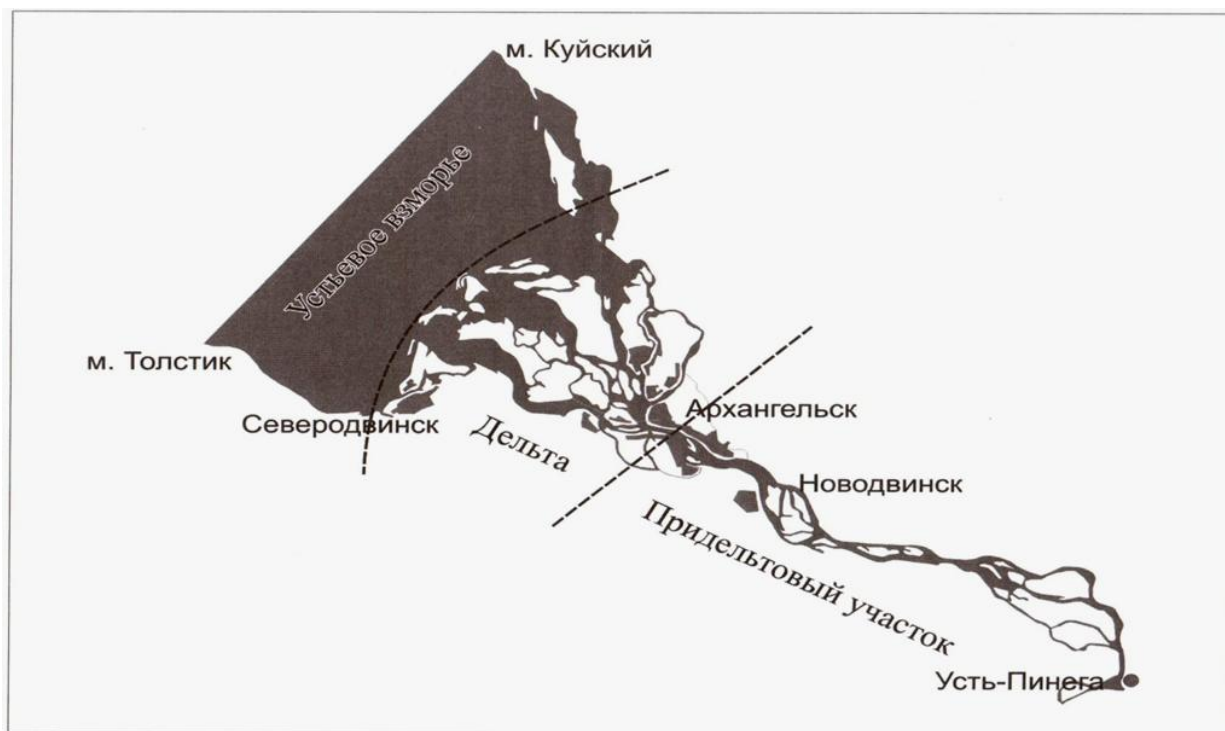


Рис. 1. Устьевая область реки Северной Двины

Устьевой участок длиной около 150 км включает в себя придельтовый участок и многорукавную дельту реки (длина по основному руслу 45 км, площадь 900 км²).

Придельтовый участок Северной Двины имеет хорошо выраженную долину, широкую пойму и сложно разветвленное русло. Речная граница устьевое участка реки находится в 150 км от морского края дельты в районе переката Ступинская гряда (ниже п. Усть-Пинега). Здесь в русле реки наблюдается выход на поверхность коренных пород, а дно русла располагается на высотных отметках, соответствующих среднему уровню Белого моря. Именно здесь располагается верхняя граница абсолютно (по отношению к уровню моря) переуглубленного участка русла. Долина устьевое участка реки хорошо выработана в толще морских и ледниковых четвертичных отложений, залегающих на коренных породах палеозоя и каменноугольного периода — красных глинах, песчаниках и известняках. Ширина долины реки выше впадения реки Пинеги — 1-1,5 км, ниже — 4-7 км [4]. Характерная особенность долины устьевое участка реки — так называемое Холмогорское расширение. Это место расширения долины

реки в месте ее пересечения моренными грядами. Протяженность Холмогорского расширения долины около 20 км, наибольшая ширина ее — 15 км. Наличие моренных холмов в долине реки привело к формированию разветвленного, многорукавного русла реки, напоминающего внутреннюю «дельту» [5].

Четыре крупных рукава этой «дельты» сливаются ниже, формируя слабоизвилистое, разветвленное главное русло. Ширина главного русла устьевое участка реки 500-800 м, вблизи вершины дельты 600-1200 м. Наибольшая ширина русла в конце придельтового участка реки достигает 1,8-2,5 км. Главное русло устьевое участка глубокое, глубины по фарватеру составляют 8-5 м. Исключением является район мелководных рукавов Холмогорского разветвления, где глубины по фарватеру менее 5 м (в среднем около 3 м). На отдельных плесовых лощинах устьевое участка реки глубины достигают 20-30 м. В целом придельтовый участок реки занимает полностью зону абсолютного переуглубления русла со средней отметкой дна «-10» м относительно среднего уровня Белого моря, имеющего отметку «-0,3» м БС [6].

Пойма вдоль придельтового участка Северной Двины покрыта заливными разнотравно-крупнозлаковыми лугами в сочетании с зарослями тростника, кустарниками и лесами, имеет много староречий. На коренных берегах растут хвойные (ель, сосна) и осиновые леса.

Многорукавная дельта реки имеет классическую форму равнобедренного треугольника с основанием, равным 45 км, на долю суши приходится около 55% общей площади дельты. Современный облик дельта реки приобрела в конце суббореального времени, когда уровень Белого моря стабилизировался [7]. Современная дельта Северной Двины начинается в 45 км от устьевого створа (условной границы между дельтой и взморьем), вблизи центральной части г. Архангельска. Ширина русла в вершине дельты — около 1 км, глубина — 15-20 м. Генеральное направление дельты — северо-западное. Оно совпадает с центральным рукавом

дельты Мурманским. С запада дельта реки ограничена самым многоводным рукавом — Никольским и примыкающей к нему системой мелких протоков. С востока дельта ограничена верхней частью Корабельного рукава, а затем протокой Кузнечиха, а после его впадения в протоку Маймакса — нижней частью Маймаксы и Корабельным устьем дельты. Морской край дельты проходит по морскому побережью внешней цепи островов: Ягры, Гремиха, Кумбыш, Голец, Скандия, Мудьюг.

Основу гидрографической сети дельты составляют три рукава: Никольский, Мурманский и Корабельный от вершины дельты, которые непосредственно впадают в море. При впадении в море рукава имеют типичное эстуарийное расширение русла, именуемое устьем. Никольский рукав при впадении формирует основное Пудожемское устье и небольшое, самое западное, — Никольское устье. Мурманский рукав выходит в море двумя устьями: главным — Мурманским и малым — Поганым устьем. Корабельный рукав после слияния с главными протоками дельты Кузнечихой и Маймаксой формирует самое широкое в дельте Корабельное устье.

Длина Никольского рукава дельты около 40 км, средняя ширина 1,5-2 км. В нижней части рукав имеет ширину до 5 км, а непосредственно на устьевом створе — 2 км. Глубина рукава — 3-15 м. Верхняя часть рукава протяженностью 12 км используется для морского судоходства на участке Архангельск—Лайский док. Часть этого рукава, расположенная ниже, используется для речного судоходства между Архангельском и Северодвинском.

Мурманский рукав имеет длину около 30 км, ширину 1-2 км, вблизи моря до 5-7 км, на устьевом створе — 1,5 км. Глубина рукава 5-18 м. Рукав используется для судоходства на всем протяжении.

Корабельный рукав начинается у г.Архангельска и имеет протяженность около 35 км. В двух км от его истока ответвляется одна из двух основных протоков дельты — Кузнечиха. Вторая основная протока дельты, Маймакса, отделяется от Корабельного рукава в 8 км от истока и

впадает снова в него на 23 км, приняв справа протоку Кузнечиху. Средняя ширина Корабельного рукава 1-1,5 км, характерная глубина 5-10 м. Для морского судоходства используются начальный отрезок рукава протяженностью около 10 км и нижняя часть рукава после впадения протоки Маймаксы на расстоянии 10 км.

Протока Маймакса имеет ширину русла 200-300 м ниже впадения в нее протоки Кузнечихи — 500-600 м. Русло протоки на всем протяжении глубоководное, глубины находятся в пределах 8-10 м. По этой протоке проходит главный судовой ход Архангельского морского порта.

Свое начало Кузнечиха берет на верхнем отрезке Корабельного рукава, а впадает в протоку Маймаксу. Протока Кузнечиха имеет длину 25 км, ширину русла 300-500 м. Верхний участок протоки мелководен и используется только для речного судоходства. Нижний отрезок протоки имеет глубины 5-10 м и используется для подхода морских судов к причалам лесозавода и нефтебазы. В месте слияния протоки Кузнечихи с Маймаксой находится грузовой район Архангельского морского порта — аванпорт Экономия. Протока Кузнечиха имеет длину около 25 км, преобладающую ширину 200-500 м и умеренно извилистое русло. От истока до Пекострова протока мелководна, и здесь глубины в основном составляют 1-3 м. Ниже Пекострова, включая участок около устья Хатарицы, максимальные глубины на фарватере колеблются в диапазоне 8-13 м. Большие глубины на данном отрезке протоки (до танкерного терминала) постоянно поддерживаются за счет дноуглубительных работ.

Острова дельты имеют разнообразные размеры и очертания. Они представляют собой плоскую низменную равнину, расчлененную сложной гидрографической сетью дельты, образованную вследствие деятельности моря и реки. Абсолютные отметки исследуемых островов варьируют от 0,5-1,0 м до 3,0-4,0 м при преобладании 1,5-2,0 м. Береговые уступы не превышают 2,5 м. Острова дельты кое-где заторфованы, покрыты лугами и низкорослым лесом.

Поверхность коренных берегов дельты представляет типичный моренный ландшафт. В редких местах на нем имеются вкрапления озерных впадин, речных долин и флювиогляциальных отложений. Коренной берег является древним абразионным уступом послеледникового моря, местами имеет обрывистый характер, местами характер пологого склона.

Собственно дельта реки Северной Двины в морфологическом и генетическом отношении районирована следующим образом:

- 1) район скульптурной дельтовой террасы, сложенной эстуарными и лагунными отложениями, впоследствии расчлененной рукавами;
- 2) район аккумулятивной дельтовой террасы, сложенной дельтовыми (русловыми, лагунными, пойменными) отложениями.

Генетические типы отложений морские и аллювиально-морские, литологический состав четвертичных отложений пески, торф. В гидрологическом отношении исследуемая территория принадлежит Нижнесеверодвинскому району, который отличается сильной заболоченностью. В дельте имеются участки четко выраженной эрозии и аккумуляции наносов. Устойчивую тенденцию к намыву имеют Никольский и Корабельный рукава в своем нижнем течении и баровой зоне. За пределами конуса выноса речных наносов поверхность дна постепенно понижается, переходит в зону свала глубин и сопрягается с глубоководной котловиной Двинского залива. В Мурманском устье имеется устойчивая тенденция к размыву и переформированию его баровой зоны. Активизация этого устья привела к наращиванию западной части о. Голец и его объединению с о. Разбойник в единый островной массив. Внутри дельты идут хорошо выраженные процессы деформации русел, размыва берегов водотоков, наращивания участков суши.

В устье реки находятся места нереста и нагула рыб, а через дельту проходят пути их миграции. Самые ценные породы — семга, сиговые, сельдь, навага.

Устьевое взморье — часть Двинского залива южнее условной линии — м. Куйский (Зимний берег Белого моря) — м. Толстик (Летний берег Белого моря). Площадь устьевого взморья в пределах относительно мелководной прибрежной зоны (изобата 10 м), площадь взморья около 350 кв. км. Средняя ширина взморья составляет около 10 км.

На берегах распространены аллювиальные почвы речных долин и морских побережий — дерновые, дерново-глеевые и болотные. На болотах грунты торфяные мощностью 0,5-3 м и более, на заливаемых в шторм островах и побережье солончаковые. На побережье развиты цепи береговых валов длиной 1-5 км, дюны высотой 1-10 м. Берега Двинского залива преимущественно низменные, с широкими пляжами, лишь у мысов с рыхлыми обрывами и осыпями высотой до 5 м.

В узкой полосе морского побережья, а также по дну побережья распространены пески, иногда с примесью гальки и валунов. Почти повсюду берега окаймлены песчаной или песчано-каменистой полосой осушки. Ее длина меняется от 50 до 2000 м. Глубина близ берега 1-2 м. За пределами взморья находится глубоководная часть Двинского залива.

1.3. Особенности гидролого-морфологических процессов

Процессы, которые определяют основные особенности формирования устья реки в результате взаимодействия гидрологии, наносов и рельефа дна, называют гидролого-морфологическими процессами [8]. Определяющими факторами для акватории устьевой области реки Северной Двины являются приливоотливные явления, течения и сток реки.

Водный сток неравномерно распределен в течение года. Сток измеряется на гидрологическом посту, находящемся в 135 км от границы взморья (п. Усть-Пинега), средняя величина речного стока — $105 \text{ км}^3/\text{г.}$, расход — $3320 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Собственно сток в устьевую область добавляет около $3 \text{ км}^3/\text{г.}$ Расход на границе взморья составляет — $3320 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Расходы воды наблюдаются в период половодья, минимальные — в

период летней и зимней межени. В осенний период наблюдаются паводки. В этот период водность выше водности летней и зимней межени. Внутригодовое распределение стока воды для Северной Двины представлено в таблице 1.

Таблица 1

Внутригодовое распределение речного стока
В дельте реки Северной Двины [9]

Месяц	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Сток км ³	2,79	2,01	1,94	6,17	37,7	19,0	8,02
Сток %	2,6	1,9	1,8	5,7	34,9	17,6	7,4
Месяц	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовой Сток	
Сток км ³	6,01	6,23	8,08	6,28	3,80	108	
Сток %	5,5	5,8	7,5	5,8	3,05	100	

Самый многоводный месяц — май 34,9% речного стока, самые маловодные — февраль и март.

Межгодовая изменчивость экологических и гидрохимических характеристик определяется также флуктуацией межгодового объема речного стока. Изменчивость стока в зависимости от водности года значительна (таблице. 2).

Таблица 2

Объемы стока реки Северной Двины км³/год [10,11]

Наименование рек	Год		Средний % от общего стока рек в Белое море
	маловодный	многоводный	
Северная Двина	87	185	63

Характер приливов полусуточный, но под влиянием конфигурации берегов и мелководья образуется особая форма — мелководный полусуточный прилив (аномальный тип прилива). Для него характерны асимметричность фаз прилива и отлива, а также существование такого

явления, как маниха — временное прекращение роста уровня воды в фазу прилива. Параметры приливной волны на входе в рукава дельты реки Северной Двины следующие: средняя сизигийная величина прилива 125-150 см, средняя — 100-110 см, средняя квадратурная — 70 см. Средний коэффициент затухания приливной волны в летнюю межень на устьевом участке реки составляет 0,5-0,7 см амплитуды на 1 км пробега. В зимнюю межень при наличии льда толщиной 50 см коэффициент затухания возрастает до 1,5 см на 1 км пробега волны. В половодье коэффициент затухания приливной волны увеличивается до 2,0-2,5 см на 1 км пробега. Средняя фазовая скорость распространения приливных волн в рассматриваемых устьях составляет около 6 м/с.

Воздействие мелководья на приливную волну проявляется в нарушении симметричности его изменений, иногда влияние бывает столь заметным, что образуются как бы дополнительно ПВ и МВ. Такие приливы отмечаются в устье реки Северной Двины и называются двойными полусуточными.

Характер течений в дельте реки Северной Двины в зимний период является реверсивным, причем продолжительность отливных течений находится в пределах от 6 до 9 час, а приливных — от 3 до 6 час. Скорости приливных течений зимой в рукавах дельты составляют 0,5 м/с, отливных — 0,2 м/с. При этом величина стоковой составляющей течения находится в пределах 0,05-0,15 м/с.

Весеннее половодье отодвигает границу зоны обратных течений в сторону моря. В устье реки Северной Двины при расходах воды более 10 000 м³/с устанавливается режим одностороннего течения. Максимум скорости наблюдается в поверхностном слое. При прохождении пика половодья скорости течения могут достигать значений 1,5-2,5 м/с. В баровой зоне приливные течения имеют четко выраженный реверсивный характер. За гребнем бара реверсивные течения постепенно переходят во вращательные, при этом скорости приливных течений уменьшаются до 0,2-

0,3 м/с. В половодье в баровой зоне проявляется хорошо выраженный эффект клина соленых вод. Вода в поверхностном слое течет в море со скоростью до 2,5 м/с, в то время как в придонном слое наблюдается обратный поток соленых вод со скоростью 0,4—0,6 м/с. При этом реверсирования потока в течение приливо-отливного цикла не происходит.

Сгонно-нагонные колебания уровня в устье реки Северной Двины по максимальной величине больше приливных колебаний уровня. Нагонные ветры могут поднять уровень на 1,5-1,8 м. Средняя величина прилива на взморье 1 м. Нагоны фиксируются при сильных северо-западных ветрах, наиболее часто нагоны наблюдаются в сентябре и октябре. Величина сгонного понижения уровня достигает 90- 100 см по отношению к среднему уровню малой воды при сильных ветрах южных румбов.

Сгонно-нагонные явления совместно с приливами оказывают влияние на многие эколого-гидрологические и гидрохимические процессы: химический сток речных вод в море, проникновение соленых вод и др.

Например, проникновение соленых вод происходит при расходах речной воды менее 1500 м³/с. Хотя главной причиной интрузии осолоненных вод в устье является пониженный сток реки, нагоны и приливы вносят свой достаточно значительный вклад. Приливы вызывают перемещение фронта осолоненных вод (1% в пределах ± 3 км, сгонно-нагонные явления — $\pm 5-7$ км, длинные внутренние волны могут увеличить на короткий период дальность проникновения осолоненных вод на 10-15 км.

Воды Северной Двины текут с юга на север, и на устьевом взморье в мае— сентябре они теплее, чем в прилегающих акваториях залива. Тепловой и пресноводный стоки рек служат причиной возникновения шлейфовых фронтов, берущих начало в морской части дельт рек, вытягивающихся вдоль правого берега заливов. Они хорошо выражены в течение всего безледного периода и определяют распределение гидрохимического стока рек и его распределение по акватории залива.

Температура воды имеет сезонный ход, повторяющий более сглаженно сезонный ход температуры воздуха. В весенний период, сразу же после очищения ото льда, происходит резкое повышение температуры воды на устьевом участке реки. Интенсивность повышения температуры воды после очищения ото льда — около $1^{\circ}\text{C}/\text{сут}$. Переход температуры воды через предел 5°C происходит в среднем через неделю после очищения. Далее фаза нагревания водных масс продолжается более медленно до середины июля, когда температура воды достигает летнего максимума, равного $22,6^{\circ}\text{C}$. Охлаждение воды начинается в августе.

В октябре температура стоковых вод становится ниже температуры вод залива, а в начале ноября она близка к точке замерзания — формирование ледового покрова начинается именно в устье реки.

Средняя дата появления льда в дельте — 11, наиболее раннее появление льда — 2.10.1972, наиболее позднее — 24.11.1967.

Продолжительность периода ледостава в дельте в среднем 169 дней, наибольшая — 206 дней, наименьшая — 142 дня.

Средняя дата появления льда на устьевом взморье — 28.10, наиболее раннее появление льда — 11.10.1960, наиболее позднее — 20.11.1967. Средняя дата начала формирования припая на устьевом взморье 25.11, ранняя — 30.10.1952, поздняя — 19.01.1943. С начала января образуется полоса берегового припая шириной 0,2-1,5 км, толщина его к весне достигает 1-1,2 м. Из-за сильных ветров и приливоотливных течений припай часто взламывается, лед торосится. Плавающие льды наблюдаются с ноября до середины мая.

После перехода среднесуточной температуры воздуха через 0° начинается активное таяние и разрушение ледяного покрова, усиливаемое динамическим воздействием волны весеннего половодья. Средняя продолжительность весеннего ледохода 5-7 дней.

Натурные исследования продемонстрировали, что в дельте Северной Двины, и в частности в ее Никольском рукаве, наблюдается тепловое

загрязнение [12]. Толщина льда менялась от 71 см, в створе поселка Рикасиха, до полного отсутствия льда в районе сброса Северодвинской ТЭЦ. В районе ТЭЦ (Никольский рукав) температура воды была 5,5°C (тепловой сброс), а на ближайших к ней станциях — 0-0,1°C. Анализ ситуации показывает, что в случае возрастания поступления антропогенного тепла в зонах проектирования атомных энерготеплостанций поселка Рикасиха (Никольский рукав) и г. Северодвинск (побережье Двинского залива), там могут образовываться крупные полыньи.

Необходимо отметить, что роль геобарьерной зоны (ГБЗ) «река—море» для изучаемой акватории Северной Двины огромна.

На водосборах реки преобладают суглинки и супеси, входят в зону избыточного увлажнения, что определяется типом выветривания. Река характеризуется низкой мутностью воды и достаточно высоким содержанием растворенных веществ. Средние многолетние характеристики взвешенных наносов, поступающих в прибрежную акваторию Белого моря, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Средние многолетние характеристики взвешенных наносов рек [13,14]

Наименование реки	Мутность г/м ³	Расход, кг/сек	Сток взвешенных наносов, млн т/год	Сток твердых наносов млн. т/год
Северная Двина	40	138	3,5	4,4

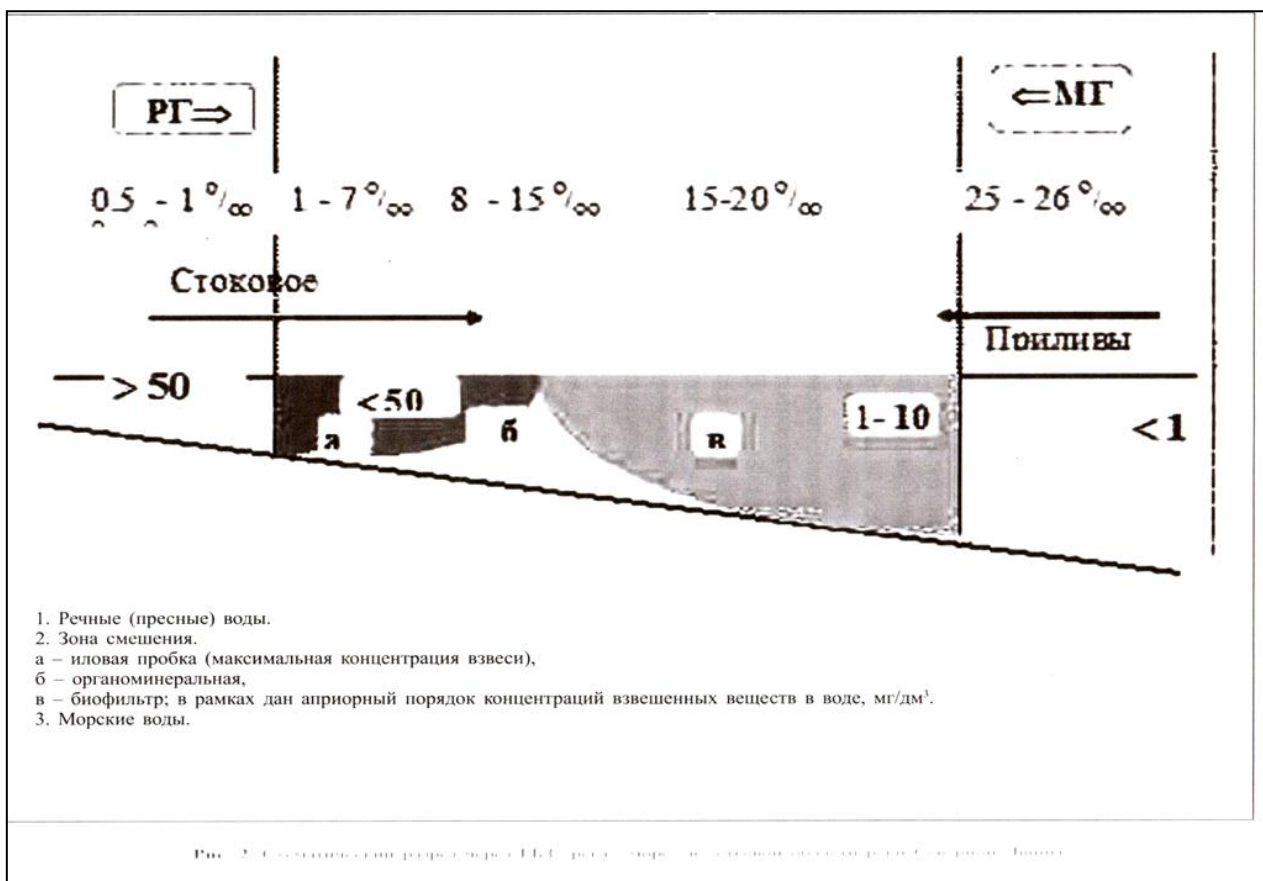


Рис.2 Схематический разрез через ГБЗ «река-море» в устьевой области реки

Северной Двины

Геобарьерная зона (ГБЗ) «река—море» для Северной Двины состоит из 3 зон и имеет следующий вид (рис. 2). В наиболее сложной второй зоне (зона смешения вод) выделяются 3 участка смешения. В ГБЗ резко меняется концентрация взвеси, четко проявляется биологический контур (фильтр). Специфика рассматриваемого ГБЗ заключается в том, что в нем всегда действуют параллельно ряд других ГБЗ: «берег—вода», «вода—биота», «вода—взвесь», «термодинамические барьеры» (термоклин, пикноклин), «вода—атмосфера», «вода—дно», «вода—лед». На дно в ГБЗ «река-море» осаждается максимальное количество взвеси с сорбированными на ней минеральными компонентами. Растворенные вещества коагулируют и выпадают в осадок. Эти процессы в сочетании с гидрологическими и морфометрическими факторами в основном и определяют концентрацию и распределение ЗВ в зонах смешения.

Исследования Северной Двины позволяют выделить 3 участка зоны

смешения, имеющие существенные различия. Первый речной участок — это пресноводная, или внутренняя (зона транзита), где соленость воды изменяется незначительно и близка на границе к 0,5-1 ‰, а суммарное содержание в растворенной форме металлов резко уменьшается. Размер второй зоны определяется морфологическими и гидролого-гидродинамическими факторами, рассмотренными выше (таблице 4).

Она в период летней межени мигрирует между портом Экономия и траверзом центральной части острова Мудьюгский. Зона делится на 3 части. В первой части зоны смешения (иловой пробке) концентрация взвесей и скорость ее седиментации значительно превышают исходную речную и тем более прилегающую морскую. Здесь происходит максимальное накопление осадков (зона аккумуляции наносов), выносимых речным стоком.

Зона максимальной седиментации взвеси (50-60%) отмечена между траверзом поселка Лапоминка и островами Кошка—Скандия. Здесь наблюдается резкое уменьшение ВВ, понижение содержания ТМ в воде и повышение их в донных осадках. Вторая зона (элементоорганическая пробка, или органоинеральная) локализуется между соленостью 2‰ и 10‰. Для нее характерно то, что основная органическая масса сульфо- и гуминовых кислот, растворенных в речной воде на контакте с морской водой, флокулируют и переходят во взвесь, при этом забирая с собой значительное количество растворенных форм металлов и других химических веществ.

Таблица 4

Основные гидрологические и морфометрические характеристики[15,16]

Наименование реки	Тип[3]	Площадь дельты, км ²	Средний на РГ сток вод, м ³ /год	Высший сизигийный прилив, м	Максимальный нагон, м	Средняя S % на МГ	Зона смещения, км	Проникновение морских вод, км
Северная Двина	IV	900	108	1,3	1,9	26	25	25

2. ИССЛЕДОВАНИЯ БАРОВОГО УЧАСТКА ДЕЛЬТЫ РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ

2.1. Исследования барового участка дельты реки Северной Двины хронокартографическим методом

Основным препятствием для проникновения морских вод с приливом в дельту реки является наличие в устьевом взморье обширного участка отмели, сформированного речными и морскими наносами, — бара. Причинами формирования баров являются в основном отложения речных наносов, вызванные как уменьшением скорости потока, так и изменением свойств воды. Влияние последнего фактора - ускорение отложения взвешенных веществ выявлено еще в 30-е г. XIX века г: исследовании дельты реки Миссисипи. В России в 1900 г. в журнале «Записки гидрографии» была опубликована статья барона Ф. Врангеля о важности данной составляющей в формировании рельефа дна устьевых участков рек [1].

Бар составляет большую часть устьевого взморья реки Северной Двины. Основными формами его рельефа являются придельтовые острова, подводные косы бороздины и ямы, вытянутые в направлении с северо-востока на юго-запад. Обширная мелководная зона в северо-восточной части бара, где проходит морской судоходный канал, носит название — Берёзовый Бар [2].

Особенность в оценке изменений Берёзового Бара состоит в том, что более детальное картографирование данного участка началось с момента активного антропогенного вмешательства в естественное состояние бара, то есть с началом дноуглубительных работ. До этого момента проводились исследования данного района - экспедиций лейтенанта М. Ф. Рейнеке в 1832 г., инженеров Флорина и Надпорожского в 80-е гг. XIX века.

Оценка изменений, происходящих на Берёзовом Баре, по

картографическим точникам впервые выполнена в 1915-1916 гг. В. Е. Ляхницким. Он сравнил карту составленную в 1832 г. М. Ф. Рейнеке, с натурными изысканиями, выполненным; 1909-1914 гг. Управлением работ по улучшению Архангельского порта. При сравнительном анализе ситуации 1832 г. и 1909-1914 гг. был сделан вывод, что отсутствуют значительные изменения рельефа дна на баровом участке. Выявлено смещение берега изобат в районе м. Куйский и средней части острова Мудьюгский, смещен изобат к берегу в районе южной оконечности острова Мудьюгский [3].

Оценку изменений Берёзового Бара в настоящее время можно определить как_ оценку влияния судоходного канала на происходящие изменения, т. к. выделить естественную составляющую с момента начала дноуглубительных работ практически невозможно.

До начала дноуглубительных работ естественные глубины на Берёзовом Баре составляли не более 4-5 м. С конца 60-х гг. XIX века, когда началось плавание судов с паровым двигателем, судоходство столкнулось с большими затруднениями, связанными с наличием мелководного бара. С 1887 г. начинаются работы по проведению дноуглубительных работ и привлечению в порт дноуглубительной техники, поэтапного создания искусственного фарватера (канала) с глубиной до 6,5-7 м [4]. С начала дноуглубительных работ до настоящего времени развитие канала проходило неравномерно. В зависимости от внешнеполитической ситуации порт развивался то более интенсивно, то значительно снижал свой грузооборот, в результате чего менялись объемы ежегодного дноуглубления. Тем не менее развитие канала продолжалось. К концу 80-х гг. XX века он достиг габарита 160 м по ширине, с глубиной 10,3 м, длиной около 8 км [5]. Для свалки поднимаемого грунта выбирались различные участки, расположенные как в непосредственной близости к каналу на Березовом Баре, так и вынесенные к западу за 10-метровую изобату.

Для выполнения общей оценки произведен сравнительный анализ

навигационных карт, составленных в начале и в конце XX века (рисунок 3, рисунок 4).

Для карты, изданной в начале XX века, в основном были использованы результаты промеров, проведенных капитан-лейтенантом Рейнеке в 1832 г., т. е. материалы работ, полученные до начала создания судоходного канала. Для составления навигационной карты 2005 г. издания были использованы промеры с 1949 по 1995 гг., периода наиболее активного создания канала. Анализ изменений, произошедших в районе бара почти за двести лет, показывает незначительную динамику изменения рельефа дна и островов, сохранение естественных глубин на большей части акватории (рисунок 5). Несовпадение положения отмелей и ям скорее объясняется различной достоверностью картографирования прошлого века и современной. С уверенностью возможно отметить только следующие изменения в районе барового участка:

- 1) уменьшение глубин и смещение 5-метровой изобаты в сторону моря в районе маяка Мудьюгский;
- 2) размыв берега в южной части острова Мудьюгский;
- 3) уменьшение глубин в районе отмелей, расположенных к юго-западу от южной оконечности острова Мудьюгский (кошка Скандия);
- 4) уменьшение глубин в южной части губы Сухое море.

Объем получаемой информации по рельефу дна барового участка за последние годы значительно вырос в связи с кардинальными изменениями в процессах картографической съемки и автоматизации обработки материалов. В 80-90-е гг. XX века в связи с развитием новых систем сбора и обработки информации и систем координирования выполнение съемки рельефа дна упростилось, что увеличило объем сохраняемой информации и ее достоверность. Следует отметить, что съемки рельефа дна, как правило, ограничиваются только районом выполнения дноуглубительных работ - судоходным каналом. Промеры остальной части Берёзового Бара выполнялись и выполняются крайне редко, только при организации

комплексных экспедиций, в ходе рассмотрения или реализации проектов по развитию порта.

Современные материалы детальной съемки рельефа дна, регулярно выполняемые на канале Мудьюгских Башен, подтверждают общую оценку незначительности изменений, происходящих на баре. Согласно этим данным, объем землечерпательных работ на канале Берёзового Бара (канал Мудьюгских Башен) незначительно определяется водным стоком, а в большей степени зависит от заносимости канала во время сильных штормов. В морской части канала большая заносимость происходит в период осенне-зимних штормов, когда слой отложений достигает 75 см.

Рис. 4. Карта устья реки Северной Двины. М 1:87 696, ГГУ ММ, 1916

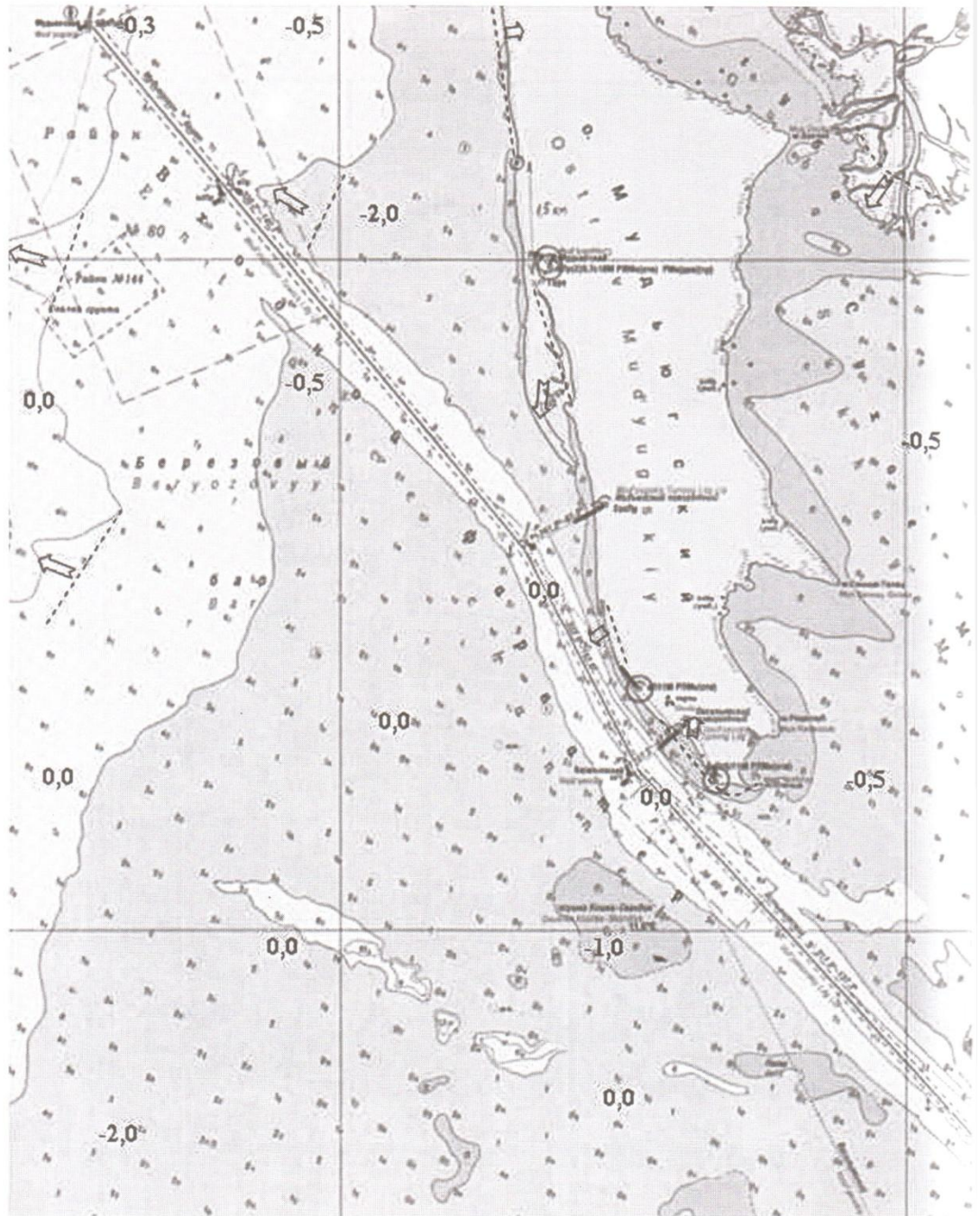


Рис. 5. Изменения рельефа дна в районе Берёзового Бара. Фрагмент карты № 16006. От острова Мудьюгский до Архангельска. М 1:50 000, ГУНиО МО РФ, 2005

Положение 10-метровой изобаты на морской границе бара изменилось незначительно на всем протяжении барового участка устьевого взморья Северной Двины. Произошло смещение изобаты в сторону моря в районе свалок грунта и судоходного канала. Причиной такого смещения являются

дноуглубительные работы. В ходе работы рассмотрены материалы съемки рельефа дна за последние 20 лет и выявлена закономерность в ежегодном увеличении протяженности канала и уменьшении естественных глубин на Берёзовом Баре в районе судоходного канала [6].

Таблица 5

Изменение глубин и габаритов канала Мудьюгских Башен

Показатель	Год					Годовое изменение
	1916	1984	1991	1996	2007	
Длина канала, км	5,0	8,5	8,8-8,9	9,1	9,4	30-50 м
Глубина канала, м	6,5	10,3	10,3	9,0	10,3	
Ширина канала, м	100,0	160,0	160,0	100,0	100,0	
Глубина у приемного буя, м	10,7	-	-	10,7	10,4-10,5	2-3см

За последние годы ежегодное увеличение протяженности искусственного фарватера составляет 30-50м с уменьшением естественных глубин в районе местонахождения приемного буя на 20-30 см [7].

2.2 Современное техногенное воздействие на морфологию северной части устьевой области реки Северной Двины

Основными формами техногенного воздействия на формирование рельефа устьевых участков рек являются строительство гидротехнических и иных инженерных сооружений на реках и берегах, работы по добыче песка, дноуглубительные работы по обеспечению судоходства.

Наибольшим техногенным воздействием характеризуется устье реки в районе расположения города Архангельска. Строительство гидротехнических, берегоукрепительных сооружений, можно считать, началось со дня основания города. Наибольшее развитие техногенное воздействие получило в XIX веке с бурным развитием лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, когда практически вся береговая линия вдоль фарватеров превратилась в причалы, и XX веке, когда были осуществлены проекты строительства основных грузовых

районов порта.

В современный период объемы строительства береговых гидротехнических сооружений незначительные. Сейчас, как правило, происходит только реконструкция части причалов при сокращении их общей протяженности. Если в 70-80-е г XX века практически вся береговая линия узкой судоходной протоки Маймакса: состояла из причалов, то сейчас более 50% причальных сооружений перестали использоваться и достаточно быстро пришли в негодность. Учитывая значительное воздействие ледоходных процессов, деревянные причалы требовали ежегодного ремонта и укрепления, а при его отсутствии исчезали за 2-3 г. Во многих местах протоки Маймаксы, где раньше были причалы или берегоукрепительные сооружения, происходит интенсивный размыв берега (рис. 6). В местах расположения населенных пунктов это создает большие проблемы. Учитывая высокую стоимость работ по берегоукреплению, длительное время решение этих проблем затягивалось.

Также высокой интенсивностью эрозии характеризуется судоходный участок Кузнечихи. Идет разрушение берега в районе деревень Богословки и Карел. С ледоходными и паводковыми явлениями это связано в меньшей мере. В больше степени разрушения береговой черты зависят от интенсивного судоходства, особенно крупнотоннажных судов. В ходе реализации проектов по созданию и увеличению габаритов судоходных каналов мероприятия по берегоукреплению, как правило, не планируются и не производятся. Реализующийся в настоящее время проект увеличения габаритов судоходных каналов протоки Кузнечихи, вероятно, увеличит интенсивность разрушения берега. Разрушение берегов вдоль судового хода с экономической точки зрения увеличивает заносимость каналов и затраты на ремонтное дноуглубление.

Кроме строительства и ремонта причалов в действующих производственных зонах, других работ по берегоукреплению в настоящее время практически не производится. Основными техногенными

процессами, влияющими на состояние и изменение рельефа устьевого участка, в настоящее время являются дноуглубительные работы, связанные с необходимостью поддержания или создания каналов для прохода судов. В таблице приведены объемы дноуглубительных работ на акватории морского порта Архангельск с 1986 г. [8].

Таблица 6

Год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Всего, тыс. м ³	1978,9	2208,9	1850,0	1374,1	2625,1	2376,6	1224,1	1215,8	301,0

Год	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	200-
Всего, тыс. м ³	355,9	89,4	267,0	170,2	1348,1	2105,3	934,8	1424,9	1370,0	1272.

**Объемы дноуглубительных работ на акватории
морского порта Архангельск**

Всего, тыс. м ³	355,9	89,4	267,0	170,2	1348,1	2105,3	934,8	1424,9	1370,0	1272.
-------------------------------	-------	------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	--------	-------

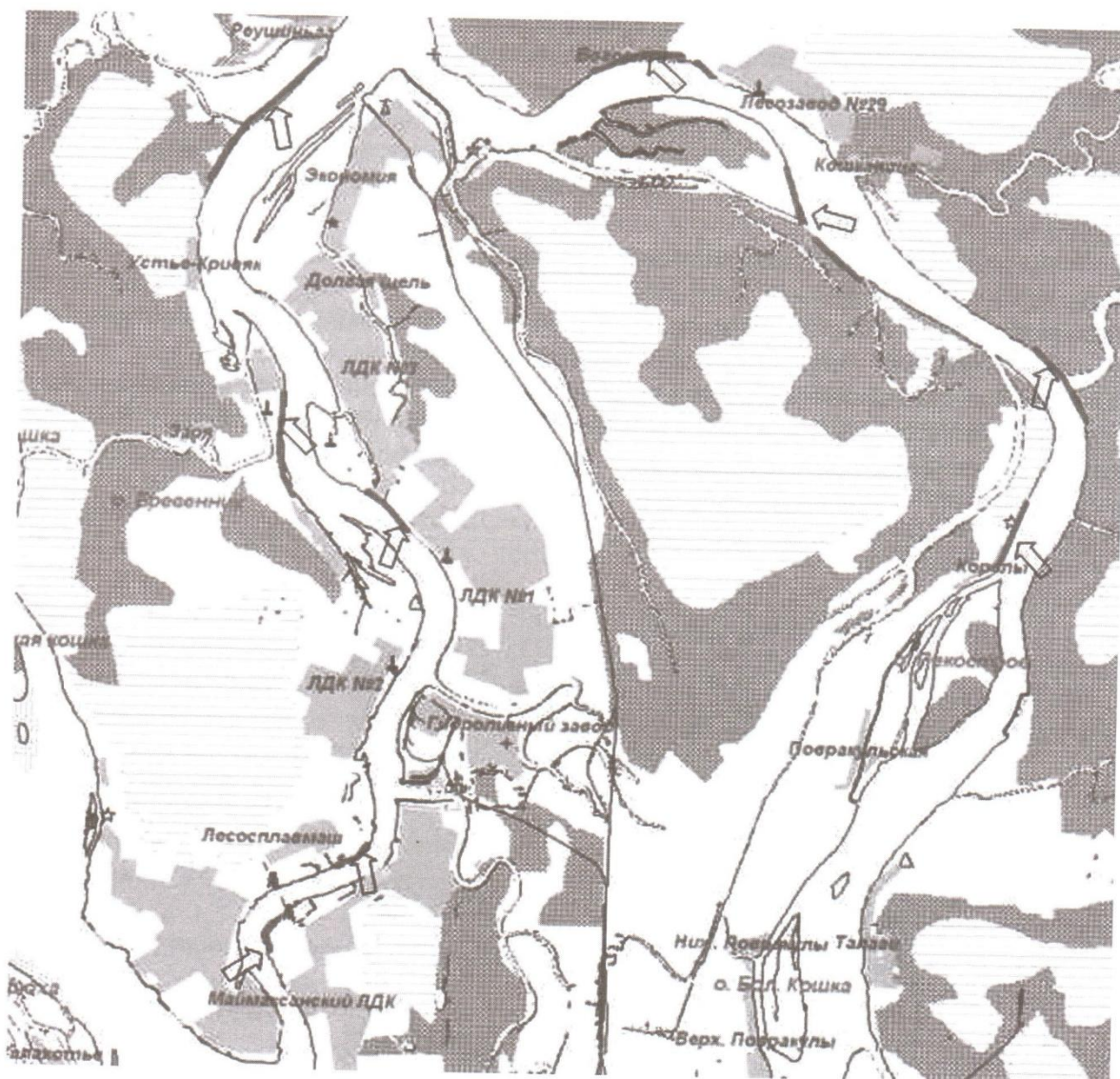


Рис. 6. Участки размыва берегов проток Маймаксы и Кузнечихи

Значительные объемы дноуглубительных работ, проводимых в конце 80-х гг. XX века, объясняются выполнением капитальных работ на участках от приемного буя до ПРР «Экономия» и нефтебазы «Талаги» для увеличения проходной осадки до 9,2м. Снижение объемов дноуглубления к середине 90-х гг. XX века объясняется общим падением производства и сокращением судоходства. В настоящее время ежегодные объемы ремонтного дноуглубления составляют 1-1,5 млн м куб в год.

Учитывая сохранение проходных осадок, их, по-видимому, можно считать достаточными при условии регулярности работ. Основными факторами заносимости каналов считаются отложения влекомых наносов в период сильных паводков течений, разрушение берегов, а в приморской части - воздействия штормовых явлений [9].

Распределение объемов дноуглубительных работ показывает, что в настоящий момент практически 70-80% всех работ приходится на поддержание канала баровом участке устья (диаграмма 1). В период паводка заносимости канала влекомыми с верховьев реки наносами практически не происходит. Большая заносимость, по-видимому, происходит в летний меженный период из-за осаждения взвешенных веществ. Основная часть заносимости каналов (90%) приходится на штормовые явления в период сильных северо-западных ветров, характерных для осенне-зимнего периода.



Из анализа заносимости каналов следует, что в среднем на канале бара она составляет 0,5-0,75 м в год, на каналах от бара до ПРР «Экономия» в среднем 0,2- 0,3 м в год. Анализ изменения глубин естественных фарватеров указывает на их стабильность и отсутствие заносимости, т. е. осаждение влекомых наносов происходит только на мелководье. В каналах и фарватерах более сильные течения препятствуют осадконакоплению. Заносимость каналов на выходе из Маймаксы и Кузнечихи в большей степени обуславливается разрушением берегов по причинам, указанным выше.

По сложившейся на сегодня технологии канал на баровом участке углубляется ежегодно, практически в течение всей летней навигации. На каналах до Экономии ежегодно углубляются лишь отдельные участки каналов. Дноуглубительные работы на каналах в средней части протоки Маймаксы и в районе Соломбалы и города - один раз в 2-3 года [10]. На состояние городских каналов значительное влияние оказывает

интенсивность ледохода и скорость паводковых течений. Большая заносимость присутствует в годы с более высокими уровнями паводковых вод и интенсивностью ледохода. Значительные объемы работ производятся по поддержанию глубин непосредственно у причалов. В большинстве случаев заносимость у причалов объясняется нарушением целостности стенки и утечкой грунта.

Работы по дноуглублению акватории порта до 2007 г. производились в основном дноуглубительным флотом Северного морского пароходства: землесосами «Онежский» и «Северодвинский», черпаковым земснарядом «Двинский залив». С 2007 г. на акватории работает также землесос «Архангельский» Архангельского филиала ФГУП «Росморпорт». Нормы выработки в значительной степени обуславливаются расстоянием от района работ до свалки грунта, что в среднем составляет 4-5 тыс. куб. м в сутки. Фактически для обеспечения выемки 1,5 млн куб. грунта при продолжительности летней навигации 180 дней (в последние годы) требуется непрерывная работа в течение всей навигации двух земснарядов.

Рассматриваемые в настоящее время проекты развития порта предусматривают значительный объем дноуглубительных работ капитального характера. В случае увеличения проходной осадки до 10,6 м на участке от приемного буя до ПРР «Экономия» дноуглубительные работы составят порядка 10 млн куб. м. Аналогичные работы, но в 1,5-2 раза больше, потребуются при строительстве глубоководного района порта на северной оконечности острова Мудьюг. Достаточно сложно спрогнозировать, сколько же в последующие годы составят объемы ежегодного ремонтного дноуглубления.

Свалка вынимаемого грунта производится в воду в специально определенные районы. Большая часть вынимаемого грунта отвозится на морские свалки, расположенные за 10-метровой изобатой, к западу от Берёзового Бара. Небольшие объемы складировются в протоке Турдеево, на свалке грунта «Уссури» и районе мыса Кневатый Мурманского рукава.

Длительный период Архангельским филиалом ФГУП «Росморпорт» и Северным УГМС проводятся исследования по оценке состояния свалок и наличия переноса грунта на каналы. По выполняемым промерам объемы складированного грунта сохраняются на морских свалках, уменьшения глубин между свалками грунта и каналом не наблюдается.

Имеются общие рекомендации по переносу основных свалок грунта за 15-метровую изобату, что, вероятно, будет рассмотрено в ближайшем будущем или в с.т. выполнения работ по реконструкции каналов.

Все большее внимание уделяется экологическому мониторингу дноуглубительных работ, с определением состава, периодичностью отбора и анализа проб воды и грунта для исключения переноса и распространения загрязненного грунта, определяются сроки и районы работ, действие свалок грунта в зависимости от прохода рыбы.

Сейчас возобновляются дноуглубительные работы и выше акватории морского порта. Их объемы будут зависеть в первую очередь от необходимости и перспектив возрождения внутреннего судоходства, значительно сократившегося за последние двадцать лет.

3. ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА АКВАТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОГО МОРСКОГО ПОРТА В 2013 ГОДУ

3.1. Отвал грунта у затонувшего парохода «Уссури» (Район №150)

Отвал расположен вдоль Корабельного рукава в 2.5 км ниже впадения протоки Маймакса, на правобережном склоне русла реки, справа от Баканского канала и в непосредственной близости от него.

Протяжённость свалки 1.4 км, ширина колеблется от 500 м в южной части свалки до 70 м в северной её оконечности. Линия фарватера в этом районе проходит практически по оси судового хода. Глубины по фарватеру в этом районе составляют 15.0-17.0 м и на 7-10 м превышают глубины на акватории свалки. Динамическая ось потока Корабельного рукава расположена справа от линии фарватера и почти совпадает с продольной осью свалки, деля её практически пополам. В результате в придонных слоях реки в этом районе, в отдельные периоды, наблюдается повышенное поле скоростей течения, превышающее порог не размываемых скоростей, равных для илистых или илисто-песчаных грунтов 0.4 - 0.6 м/сек. Это является основным недостатком свалки, снижающим её эффективность до 20% и менее от объёма сваленного на неё грунта.

В 2013 году грунт на свалку вывозился с Лапоминского канала. Всего за период навигации было вывезено 3.81 т. м³ грунта.

Промеры акватории свалки были выполнены только один раз, перед началом использования свалки 3 июня 2013 года. При расчёте объёмов деформации дна нами использован предыдущий промер, выполненный по окончании дноуглубительных работ 23 октября 2012 года. Расчёты таблице. 7 показывают, что за исследуемый нами период с акватории свалки было унесено 88.6 т. м³ грунта, при общих объёмах размыва и отложений, равных соответственно 104.6 т. м³ и 17.3 т. м³ грунта. Учитывая, что грунт на свалку не вывозился до весеннего промера, можно предположить, что это грунт,

сваленный в 2012 году и оставшийся на акватории свалки. Таким образом, этим лишний раз подтверждается, практически, нулевая эффективность свалки. На плане русловых деформаций видно, что в южной половине акватории свалки объёмы размыва и отложений в 2-4 раза превышают соответствующие объёмы в её северной половине, где придонные скорости течения значительно меньше, чем в южной половине свалки.

Грунты мелких фракций до среднего песка после их сброса, как правило, на акватории свалки не задерживаются и при увеличении придонных скоростей течения, вызванных осенними дождевыми паводками, а также под штормовым ветро-волновым воздействием, выносятся за пределы на ближайшие каналы, то есть практически туда, откуда они были извлечены. По этой причине свалку необходимо использовать только в крайних случаях и в ограниченных объёмах. Грунт желательно сваливать в северной половине акватории, как можно ближе к её восточной части.

Не исключено, возможно, что по выше указанным причинам контролирующими органами отвал может быть закрыт для дальнейшего его использования. Поэтому предлагается уже сейчас, в навигацию 2014 года, провести обследование реки в этом районе для нового отвала, за динамической осью потока реки слева, по ходу к морю, от канала на траверзе острова Лебедин. Гидрология в этом месте такова, что динамическая ось потока реки будет расположена на значительном удалении, справа от предполагаемой акватории отвала, и от ветро-волнового воздействия, наиболее опасного северо-западного направления, он будет частично защищён островом Кошка Скандия и прилегающим к нему обширным мелководным районом. Всё это позволит значительно уменьшить вынос вывозимых грунтов на ближайшие каналы, сохраняя их на акватории до весеннего паводка.

Таблица 7

Расчет объёмов

**деформации дна на акватории свалки грунта в районе затонувшего
парохода "Уссури" за период с 23 октября 2012г. по 03 июня 2013 года.**

[illegible]

Расчет объёмов

**деформации дна на акватории свалки грунта в районе затонувшего
парохода "Усури" за период с 27 июня 2012г по 03 июня 2013г.**

[illegible]

3.2. Морские отвалы грунта и заносимость канала Мудьюгских башен

Морские свалки грунта №1;1-А и 2 расположены на взморье, в зоне активного, вдоль берегового переноса наносов с запада на восток в сторону морского канала. С акватории свалки №1-Б (Район 144-А) активный вдольбереговой нанос осуществляется так же на юг, юго-восток в сторону морского канала.

При господствующих штормовых ветрах, преимущественно северо-западных направлений, процесс переноса наносов в юго-восточной части бара с запада на восток и в восточной части бара с севера на юг юго-восток многократно усиливается. Вывезенные грунты на свалках длительное время остаются в несвязанном состоянии, поэтому под воздействием ветрового волнения легко поддаются взмучиванию и быстро переносятся течением в самой заносимой его части, в районе 5-ти метровой изобаты. Это является основной причиной заносимости морского канала.

Из всех разрешенных в этом районе отвалов грунта, с учетом перечисленных выше недостатков, предпочтение следует отдать отвалу №1-А частично закрытый в восточном направлении от канала мелководным участком и менее рентабельным отвалом №2, который можно использовать только до момента возобновления углубления морского канала по Мурманскому рукаву. Поэтому вопрос переноса морских свалок в северо-западном направлении за зону активного переноса наносов в район 15-метровой изобаты, за зону активного вдоль берегового переноса наносов, с каждым годом становится всё очевиднее и актуальнее, а со строительством глубоководного порта Архангельск и расширением морских каналов по протоке Кузнечиха станет неизбежным.

3.2.1 Отвал грунта свалка №1-А (район 143-А).

Морская свалка грунта №1-А расположена на взморье, в зоне активного вдольберегового переноса наносов с запада на восток, в сторону морского канала. Наблюдения над режимом течений в придонном слое на акваториях морских свалок, выполненные нами в 2001 году, подтвердили вывод о том, что приливо-отливные течения не в состоянии переносить донные частички сваленного грунта за пределы акваторий свалок, так как в 3-5 раз меньше нижнего порога не размывающих скоростей и колеблются от 5 до 17 см/сек. Таким образом, основным и определяющим фактором морфологических изменений рельефа дна на акватории свалок является волнение на взморье и ветер, создающий это волнение.

Поскольку на взморье Северной Двины энергия волн достигает своего максимального значения при северо-западном ветре, то можно предположить, что именно этим ветром определяются основные морфологические изменения рельефа дна на акваториях морских свалок в этом районе.

Северо-западный ветер является господствующим на устьевом взморье р. Северная Двина. Наиболее сильные ветры бывают осенью. Меньше всего штормовых ветров наблюдается весной и летом. При этом ветре наблюдается так же и наибольший разгон волн.

При господствующих штормовых ветрах, преимущественно северо-западных направлений, процесс переноса наносов с запада на восток, в сторону морского канала, многократно усиливается. Вывезенные грунты, на свалках длительное время остаются в не связанном состоянии. Поэтому под воздействием ветрового волнения они легко поддаются взмучиванию и быстро переносятся в восточном, юго-восточном направлении, заполняя прорезь морского канала. Это одна из основных причин заносимости морского канала.

В 2013 году свалка активно использовалась, практически на протяжении всего сезона, с мая по ноябрь. Всего за сезон 2013 года на свалку с канала Мудьюгских башен было свалено 1159.8 т. м³ грунта.

Для анализа морфологических процессов, происходящих на акватории отвала, нами использованы последние два промера, выполненные 21 мая 2013 года и 26 октября 2013 года. По данным этих промеров построен план деформации дна за период между промерами и выполнены расчёты объёмов размыва и отложений, произошедших на акватории отвала, таблица.9. Расчёты показывают, что за исследуемый период объёмы размыва и отложений составили соответственно 128.7 т. м³ и 133.0 т. м³ грунта. Превышение отложений над размывом составило 4.3 т. м³ грунта. Средняя глубина при этом по осеннему промеру уменьшилась на 0.05м и составляет 9.62 м.

Расчёты показали, что за период навигации на свалке грунта не обнаружено, а сваливаемый свежий не слежавшийся грунт унесло осенними штормами.

Свалка находится в хорошем состоянии, и её рекомендуем использовать в дальнейшем. По предварительным оценкам грунт желательно сваливать в западной половине отвала, наиболее активно используя северо-западную четверть, полностью исключив его восточную половину. Это будет способствовать выравниванию глубины по всей акватории отвала, что в свою очередь продлит срок её службы.

3 2.2. Отвал грунта свалка № 1-Б (район 144-а)

Свалка расположена на Берёзовом баре, справа по ходу к морю от морского канала, в непосредственной близости от него, на склоне бара, в зоне активного вдольберегового переноса грунтов. Средняя глубина на восточной и западной границах свалки составляет соответственно около 7.0 и 10 метров.

Промеры акватории свалки выполнены только 8 октября 2013 года. Для анализа морфологических процессов, происходящих на свалке, нами использованы промеры от 24 ноября 2012 года и 8 октября 2013 года. По этим промерам построен совмещённый план русловых деформаций.

Выполненные нами расчёты деформации дна за этот период, таблица 10, показывают: суммарно объёмы размыва и отложений составляют, соответственно 441.0 т. м³ и 4.0 т.м³. В западной, наиболее глубокой части свалки, преобладает почти повсеместно размыв. Вывозимые грунты на акватории свалки удерживаться не будут. Учитывая, что свалка расположена в непосредственной близости от морского канала, мы не рекомендуем использовать её для захоронения грунтов.

Таблица 9

**Расчет объёмов
деформации дна на акватории свалки №1-А (район 143-А)
за период с 21 мая 2013г по 26 октября 2013г.**

№ про- филей	Площадь сечения по профилю кв. м		Средняя площадь сечения между промерными профилями кв. м		Расстояние между профилями, м	Объем грунта, куб. м		Разница между отложением и размывом, куб. м	
	размыв	отложения	размыв	отложения		размыв	отложения	размыв	отложения
1	0.0	0.0							
			0.0	101.25	200	0.0	20250.0	-	20250.0
2	0.0	205.5							
			2.5	222.5	200	500.0	44500.0	-	44000.0
3	5.0	242.5							
			31.25	157.5	200	6250.0	31500.0	-	25250.0
4	57.5	72.5							
			73.75	56.25	200	14750.0	11250.0	3500.0	-
5	90.0	40.0							
			81.25	53.75	200	16250.0	10750.0	5500.0	-
6	72.5	67.5							
			76.25	53.75	200	15250.0	10750.0	4500.0	-
7	80.0	40.0							
			112.5	20.0	200	22500.0	4000.0	18500.0	-
8	145.0	0.0							
			115.0	0.0	200	23000.0	0.0	23000.0	-
9	85.0	0.0							
			92.5	0.0	200	18500.0	0.0	18500.0	-
10	100.0	0.0							
			83.75	0.0	100	8375.0	0.0	8375.0	-
11	67.5	0.0							
			33.75	0.0	100	3375.0	0.0	3375.0	
12	0.0	0.0			Σ	128750.0	133000.0	85250.0	89500.0
									4250.0

Таблица 10

**Расчет объёмов
деформации дна на акватории свалки район 144-А
за период с 24 ноября 2012г по 08 октября 2013 года.**

[illegible]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дноуглубительные работы стали производиться в устьевой области реки Северной Двины с 1887 г. В районе барового участка устьевой области реки Северной Двины производилось складирование вынутого грунта на так называемых свалках грунта. С помощью хронокартографического метода удалось выявить результаты воздействия дноуглубительных работ и свалки грунта в районе барового участка. Это уменьшение глубин и смещение 5-метровой изобаты в сторону моря, в районе маяка Мудьюгский, размыв берега в южной части острова Мудьюгский, уменьшение глубин в районе отмелей, расположенных к юго-западу от южной оконечности острова Мудьюгский (кошка Скандия), и уменьшение глубин в южной части губы Сухое море. •

Дноуглубительные работы, которые производятся в судоходных рукавах реки Северной Двины, протоки Маймаксы и протоки Кузнечихи, способствуют интенсивному разрушению береговой линии. Для предотвращения разрушения берегов потребуются значительные берегоукрепительные работы.*

В основу анализа морфологических процессов, происходящих на отвалах грунта, расположенных на акватории Архангельского морского порта, положены сведения о времени и объёмах захороненных на них грунтов, их гранулометрическом составе, а также планы смежных промеров их акваторий, выполненные заказчиком до и после использования отвалов.

Объёмы размыва и отложений грунта на участках, исследуемых отвалов рассчитывались аналитическим методом по условно наведенным через 100-200 метров профилям, глубины на которых определялись с интервалом через 10-15 метров путём интерполяции между смежными промерными точками.

Дноуглубительные работы на акватории Архангельского морского порта в 2013 году проводились в районе Берёзового бара на входном канале Мудьюгских башен землесосами «Архангельский» и «Онежский» в

объёме 1159.8 т. м³ грунта. Лапоминском канале только землесосом «Архангельский», объём дноуглубительных работ которого составил 3.8 т. м³ грунта.

ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлов И. В. Устья рек. М.: Географгиз, 1952. 526 с.
2. Лисицын А. П. Маргинальный фильтр океанов // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 735-737.
3. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: Геос, 1997. 413 с.
4. Гидрология устьевой области Северной Двины. М.: Гидрометеиздат, 1965. 376 с.
5. Artemyev V. E., Romankevich E. A. Seasonal variations in the transport of organic matter in North Dvina estuary // Mitt. Geol. Palaeont. Inst. Univ. Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband. 1988. Heft 66. P. 177-184.
6. Артемьев В. Е. Геохимия органического вещества в системе река— море. М.: Наука, 1990.
7. Кузнецов В.С., Мискевич И.В., Зайцева Г.Б. Гидрохимическая характеристика крупных рек бассейна Северной Двины. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 194 с.
8. Малютин А. Н., Лапина Н. А. Распределение растворенных форм металлов и органического вещества гумусовой природы в эстуарии р. Северная Двина — Двинская губа Белого моря // Водные ресурсы. 1991. № 1. С. 73-77.
9. Полонский В. Ф., Лупачев Ю. В., Скриптунов Н. А. Гидролого-морфологические процессы в устьях рек и методы их расчета (прогноза). СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 383 с.
10. Инжебейкин Ю.И., Скибинский Л.Э. Загрязнение вод и донных осадков устья Северной Двины // С. Ф. Огородников и история Российского флота. Тезисы докладов международной научной конференции, посвященной 300-летию Российского флота и 160-летию со дня рождения С.Ф. Огородникова. Архангельск, 1996. Ч. 2. С. 18-20.
11. Мосеева Д. П., Троянская А. Ф. и др. Углеводороды в донных отложениях дельты Северной Двины // Экологические проблемы Европейского Севера. Екатеринбург, 1996. С. 130-147.
12. Бреховских В. Ф., Дебольская Е. И., Дебольский В. К., Мордасов М. А. Исследование процессов распространения загрязняющих веществ в приливных устьях северных рек // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 5. С. 532-536.
13. В.В.Брызгалов, Л.Э.Скибинский, А.Ю.Богунев Исследование устьевой области реки Северной Двины хронокартографическим методом, 2008
14. Отчёты МАП за 2012,2013 гг.

ПРИЛОЖЕНИЯ

“