

УДК 551.3(268.45)

МОДЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ДИНАМИКИ НАНОСОВ В ПЕЧОРСКОМ МОРЕ

© 2022 г. **И. П. Трубкин**¹, **И. А. Немировская**^{2,*}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт экологии МПР, Москва, Россия

²Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*E-mail: nemir44@ocean.ru

Поступила в редакцию 10.04.2020 г.

После доработки 18.02.2022 г.

Принята к публикации 15.07.2022 г.

Представлены результаты расчетов пространственного распределения деформаций дна в прибрежной зоне Печорского моря при различных направлениях ветра. Показано, что на шельфе доминирует размыв дна, тогда как в береговой зоне шторма преобладающих направлений вызывают аккумуляцию наносов. Сами берега в основном разрушаются и отступают, что в итоге должно приводить к выполаживанию подводного берегового склона. Сделан вывод о наличии в береговой зоне крупномасштабных относительно обособленных литодинамических ячеек. Масса осадков, перемещенных в течение шторма, измеряется сотнями тонн на квадратный километр дна и увеличивается с ростом скорости ветра. Основная масса материала транспортируется во время штормов в полосе глубин от 10 до 30 м.

Ключевые слова: взвесь, донные осадки, масса наносов, модельные расчеты, Печорское море

DOI: 10.31857/S0435428122040101

ВВЕДЕНИЕ

С учетом перспективности активного освоения окраинных морей РФ особую важность и актуальность приобретает изучение пространственной изменчивости взвешенного вещества в придонной области и деформаций дна при различных гидрометеорологических условиях. Использование таких данных при геологических изысканиях, строительстве морских объектов месторождений позволяет снизить негативное воздействие на морскую среду. Интерес к исследованию Печорского моря в значительной мере обусловлен высоким нефтегазоносным потенциалом его недр (Прищепа и др., 2009; Каминский и др., 2016).

При штормовом волнении часть наносов перемещается во взвешенном состоянии. Одновременно с формированием поля взвеси поток формирует и рельеф дна — как правило, это сложная совокупность аккумулятивных форм разных порядков (Болдырев, 2001). Поэтому важно получить данные, характеризующие пространственную изменчивость потоков взвешенного вещества в придонной области и деформаций дна при различных гидрометеорологических условиях.

Цель данной работы заключается в оценке транспорта донных осадков и пространственной изменчивости деформаций дна, характерных для Печорского моря, в условиях различной штормо-

вой активности по результатам численного моделирования. К числу решаемых при этом задач относится выявление характерных для рассматриваемого района зон прибрежной циркуляции и наибольшей интенсивности потоков наносов, а также зон наибольших деформаций дна.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

Печорское море расположено в юго-восточной части Баренцева моря и имеет отличные от него метеорологический и гидрологический режимы. Ледовые условия здесь более суровые, безледный период длится всего 3–4 мес (с середины лета до середины осени) (Миронов, Тюрков, 1998; Печорское море, 2003). Представление о режиме ветров дано в табл. 1.

Рельеф морского дна представляет собой равнину с мелкими неровностями и уклонами от берега в сторону открытого моря (Ласточкин, Нарышкин, 1986; Печорское море, 2003). Наибольшая глубина (210 м) отмечена на западной морской границе района. Вдоль материкового побережья располагается обширное мелководье шириной до 150 км.

Аккумулятивно-абразионный рельеф дна прослеживается до глубин около 50 м. Сохранились крупные фрагменты субаэрального рельефа позднего плейстоцена — раннего голоцена (Ласточ-

Таблица 1. Расчетные скорости ветра обеспеченности один раз в 1 год и его повторяемость для района Печорского моря различных направлений**Table 1.** Estimated wind speeds of provision once every 1 year and its repeatability for the Pechora Sea area of various directions

Направления	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Скорость в 1 год, м/с	19.5	18.1	18.6	20.0	20.8	21.4	22.0	21.0
Повторяемость, %	7.8	6.6	7.7	9.4	17.2	22.4	16.6	12.2

кин, Нарышкин, 1986). Берега, открытые для волновой переработки, имеют хорошо выраженный выпукло-вогнутый подводный склон, типичный для термоабразионных побережий. Согласно данным наблюдений, большая часть морского побережья Печорского моря подвержена абразии, и эта тенденция в последнее время усиливается (Огородов, Луговой, 2000; Печорское море, 2003). Средний уклон подводного берегового склона (до глубины 10 м) не превышает 0.01. На шельфе уклоны дна порядка 10^{-4} – 10^{-3} .

По характеру рельефа абразионно-аккумулятивная равнина разделяется на два крупных фрагмента – восточный и западный. Восточная часть равнины с глубинами 50–60 м заканчивается каньоном, открывающимся в Южно-Новоземельский желоб. Каньон ориентирован вдоль западных берегов о-ва Вайгач, относительная глубина его вреза 30–40 м. Западная часть равнины имеет глубины от 50 до 100 м, более пологая. Рельеф холмисто-западинный с сохранившимися фрагментами долин древней гидрографической сети. Относительная высота холмов не более 30 м. Южно-Новоземельский желоб служит седиментационной ловушкой для тонкодисперсного материала. Среди важных особенностей строения шельфа следует отметить плейстоцен-голоценовую субаэральную гидросеть, развитую преимущественно до глубин 50–55 м.

Исследование гранулометрического состава поверхностного слоя донных осадков Печорского моря показало, что валунно-галечно-гравийные фракции в большом количестве встречаются лишь в Чешской губе (Печорское море, 2003). Их концентрации резко уменьшаются на расстоянии первых километров от размываемых берегов. В наибольшей степени в Печорском море, особенно в центральной части, распространены пески, среди которых доминируют средние и мелкие, а среди алевритовых фракций – мелкий алеврит. Ближе к периферии эти осадки сменяются песчаными алевритами и миктитами песчано-алевиритового состава (Gurevich, 1995). Тонкие глинистые алевриты или алеврито-пелитовые илы встречаются редко. Они приурочены к заметным понижениям поверхности дна (к северо-востоку от о-ва Колгуев, в Южно-Новоземельском желобе) или к выходам более древних голоценовых осад-

ков (Levitan et al., 2000). Поэтому по периферии Печорского моря развиты более тонкие современные осадки, а в средней части бассейна сосредоточены крупнозернистые осадки. При сопоставлении распределения литотипов с придонными течениями (Gurevich, 1995) напрашивается парадоксальный вывод об обратной зависимости крупности осадка и скорости придонных течений. Последнее объясняется большой величиной отношения валового потока осадочного материала к скорости придонных течений в периферических частях бассейна по сравнению с его центральной частью. Использование данных по батиметрии и литостратиграфии осадочного чехла позволило заключить, что крупнозернистые пески накапливаются в современных барах или на вершине структурных поднятий (Печорское море, 2003). Более тонкие фракции осадков приурочены к понижениям, что обусловлено либо выходами среднеголоценовых черных глинистых алевритов, либо современным накоплением более тонкого материала. Поэтому наблюдается тесная корреляция между медианным и модальным диаметрами ($R^2 = 0.81$) и отсутствует связь между медианным диаметром частиц и коэффициентом сортировки (Печорское море..., 2003). При этом наихудшей сортировкой отличаются наиболее тонкие осадки. Предполагается, что происходят вынос мелкого алеврита и пелита придонными течениями и переотложение этих фракций в зонах современной аккумуляции тонких осадков. В частности, в районе Приразломного месторождения тонкие фракции взвешенных наносов уносятся течениями за его пределы, а в непосредственной близости от месторождения накапливаются только хорошо сортированные мелкозернистые пески.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Требуемые данные и оценки деформаций дна из-за многообразия природных условий и большой трудоемкости работ в море сложно получить экспериментальным путем. Поэтому расчетные методы зачастую становятся доминирующими, а иногда и единственно возможными, когда дело касается больших водных пространств (Трубкин, Немировская, 2020).

Расчет транспорта наносов должен учитывать разделение транспортируемого материала на донные и взвешенные наносы (с соответствующими удельными расходами q_{s1} и q_{s2}), нестационарный волновой характер движения водных масс и наносов, а также взаимодействие ветрового волнения с различными видами течений. Последние, в частности, связаны с изменением уровня свободной поверхности (нагоном), индуцированным напряжениями ветра и волновыми радиационными напряжениями.

В основу наших расчетов транспорта наносов положены аналитические соотношения А.Е. Михинова (1991; 1992) с учетом рекомендаций (Руководство..., 1975). Принятая модель дополнена учетом параметров инфрагравитационных волн (Трубкин, 2007). Используемые методы и алгоритмы расчетов гидро- и литодинамических процессов были ранее апробированы в ходе исследований в Азовском, Балтийском, Белом, Беринговом, Черном и Японском морях, а также на многочисленных объектах морского гидротехнического строительства (Трубкин, 2007; Трубкин, Немировская, 2020). Исходными данными для расчетов служат пространственные распределения следующих вводных параметров: глубин; среднего размера частиц донных наносов; параметров ветра, на основе которых вычисляются компоненты скорости течений; высот и углов подхода волн.

Количественной мерой интенсивности транспорта донного материала является вектор удельного объемного расхода наносов $q_s = (q_{sx}, q_{sy})$ с размерностью m^2/c . При известном распределении величины q_s расчет деформаций дна может быть проведен с помощью уравнения сохранения массы

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{1}{1 - \varepsilon} \left(\frac{\partial q_{sx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{sy}}{\partial y} \right),$$

где H – локальная глубина; t – время; ε – коэффициент пористости донного грунта.

По опубликованным метеорологическим данным были определены возможные скорости и направления ветра с различной обеспеченностью для 8 румбов направлений устойчивого ветра и повторяемость ветров различных направлений для Печорского моря (табл. 1) (Гидрометеорология..., 1991; New Atlas..., 1995; Тупикин, 1997). По выбранным величинам скоростей и направлений ветра и батиметрическим данным были рассчитаны поля течений, ветровых и инфрагравитационных волн, а затем поля расходов наносов, деформаций рельефа дна, согласно методике (Трубкин, 2007). Расчеты выполнены с учетом различных распределений скоростей, направлений и длительности действия ветра.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты расчетов представлены в виде карт относительных деформаций дна (рис. 1, 2) (отрицательные значения относительных деформаций характеризуют размыв, а положительные – аккумуляцию наносов). Из них следует, что относительные деформации дна в штормах направлений от 90° до 225° приводят к аккумуляции наносов в береговой зоне вдоль всего побережья Печорского моря. В расположенной мористее области шельфа, наоборот, доминирует размыв дна. В периоды отдельных штормов могут возникать условия, приводящие как к аккумуляции наносов, так и к размыву дна в береговой зоне. Превалирование тех или иных условий зависит от изменения климатических условий и метеорологического режима данного района в разные периоды времени. Направление потока наносов зависит от экспозиции берега по отношению к вектору результирующего ветро-волнового воздействия, а его мористая граница простирается далеко за пределы зоны обрушения волн. Чем больше вдольбереговая составляющая вектора ветро-волнового воздействия, тем устойчивее и мощнее поток.

На участках побережья с преобладанием нормальных к берегу волн вдольбереговой поток выражается в миграционные подвижки с активизацией поперечного переноса. С переходом луча волны через нормаль к линии берега придонные течения и поток наносов разворачиваются в обратном направлении. В периоды характерных для Печорского моря штормов подобная зависимость прослеживается до изобат 15–20 м, а при экстремальных штормах – до 30 м.

Полученные результаты подтверждают известную концепцию относительно обособленных морфолитодинамических ячеек, локализующихся в пределах береговых вогнутостей (выпуклостей) с естественными границами в районе мысов. Однонаправленный итоговый вдольбереговой поток возможен лишь в пределах выровненных участков берега с неизменным направлением береговой составляющей результирующего вектора ветро-волнового воздействия. При смене знака этой составляющей течения и наносы меняют свое направление.

Результаты, характеризующие относительные деформации дна, позволяют оценить массу транспортируемых наносов. Были получены соответствующие оценки масс (в t/km^2) в зависимости от скорости ветра в шторме (рис. 3), а также в зависимости от рассматриваемой ширины прибрежной полосы (рис. 4). Эти оценки и их аппроксимации

кривой Гаусса $y = y_0 + A \times \exp\left(-\frac{(x - x_c)^2}{2w^2}\right)$ могут быть полезны при разработке концепции эффективной защиты берега от размыва.

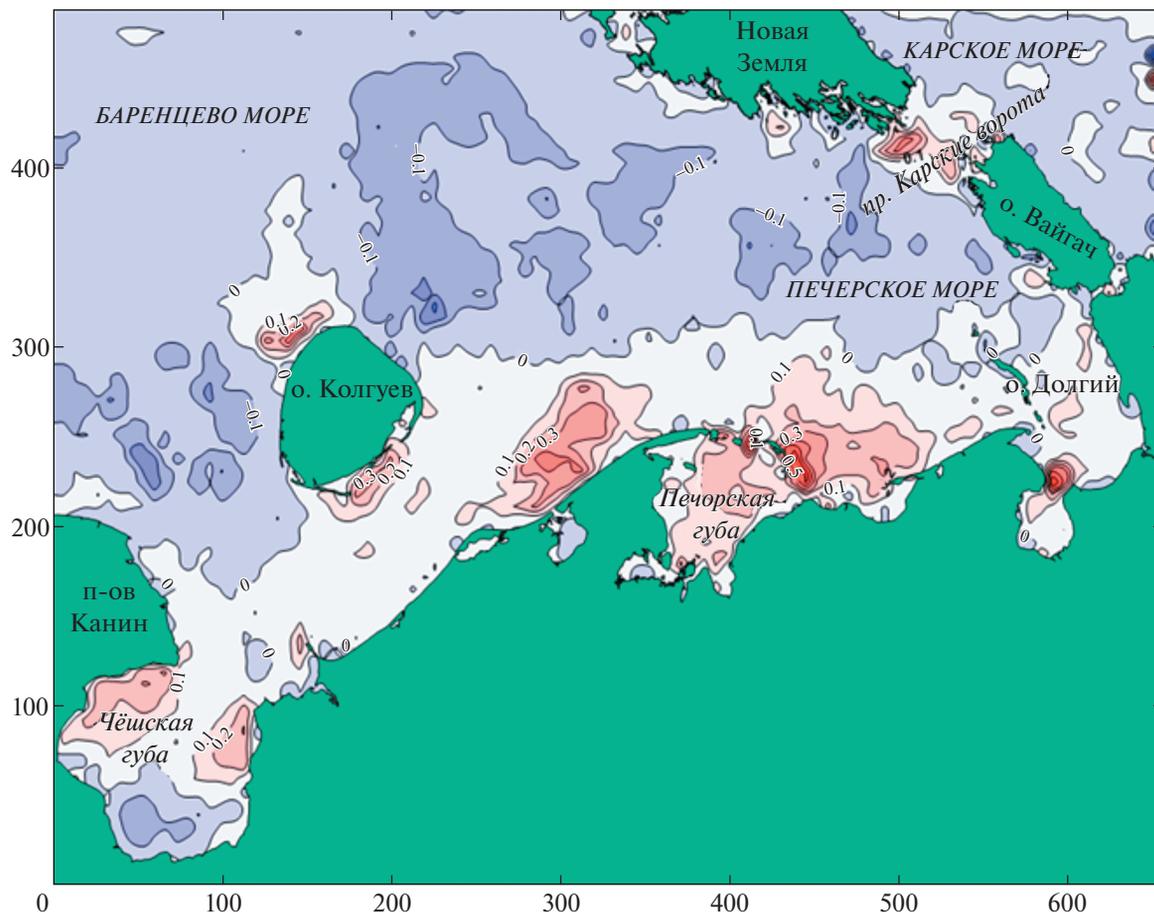


Рис. 1. Относительные деформации дна (мм) при 3-суточном шторме обеспеченности 1 раз в год при ветрах, характерных в рассматриваемом районе (масштаб по осям в километрах).

Fig. 1. Relative deformations of the bottom (mm) with a 3-day security storm 1 time per year with winds characteristic in the area under consideration (scale along the axes in kilometers).

Результаты, показанные на рис. 3, свидетельствуют о том, что при малых значениях скорости ветра (до 7.5 м/с) существенных перемещений наносов не происходит. Наиболее часто наблюдаемые и особо опасные явления погоды в Печорском море связаны с сильными и штормовыми ветрами со скоростями более 15 м/с (Гидрометеорология..., 1991). Как видно, в этих условиях масса осадков, перемещенных в течение шторма, может достигать 1 тыс. т на 1 км² дна.

Из рис. 4 следует, что перенос материала в береговой зоне с глубинами до 10 м незначителен по сравнению с перемещениями осадков на глубинах от 10 до 30 м. В береговой зоне основными транспортирующими факторами становятся волнение и сопутствующие течения, которые в целом более интенсивны, чем на прилегающем шельфе. Однако, благодаря более значительным уклонам дна, береговая зона имеет относительно малую ширину по сравнению с областью мелководного шельфа с глубинами 10–30 м. По-види-

мому, фактор большей площади дна, подверженной гидродинамическому воздействию, оказывается доминирующим, и потому именно в указанной полосе транспортируется наибольшее количество материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило оценить количественные параметры динамики наносов и деформаций дна на акватории Печорского моря при характерных режимах. В области мелководного шельфа доминирует тенденция к размытию дна. В береговой зоне шторма преобладающих направлений от 90° до 225° вызывают, главным образом, аккумуляцию наносов вдоль всего побережья Печорского моря. При этом сами берега в основном разрушаются и отступают. Эти процессы в итоге должны приводить к выполаживанию подводного берегового склона.

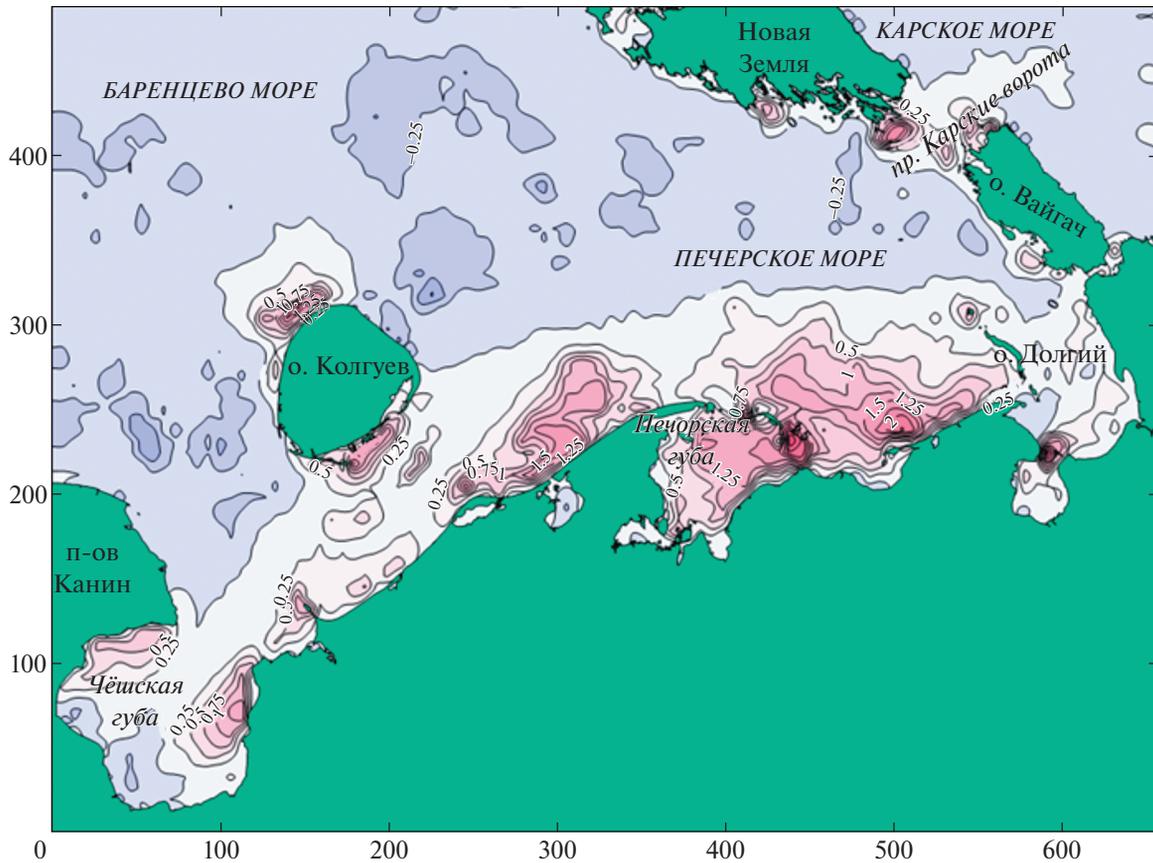


Рис. 2. Относительные деформации дна (мм) при 3-суточном шторме обеспеченности 1 раз в год при ветрах наиболее вероятного юго-западного преобладающего направления (масштаб по осям в километрах).

Fig. 2. Relative deformations of the bottom (mm) with a 3-day security storm 1 time per year with winds of the most likely south-west prevailing direction (scale along the axes in kilometers).

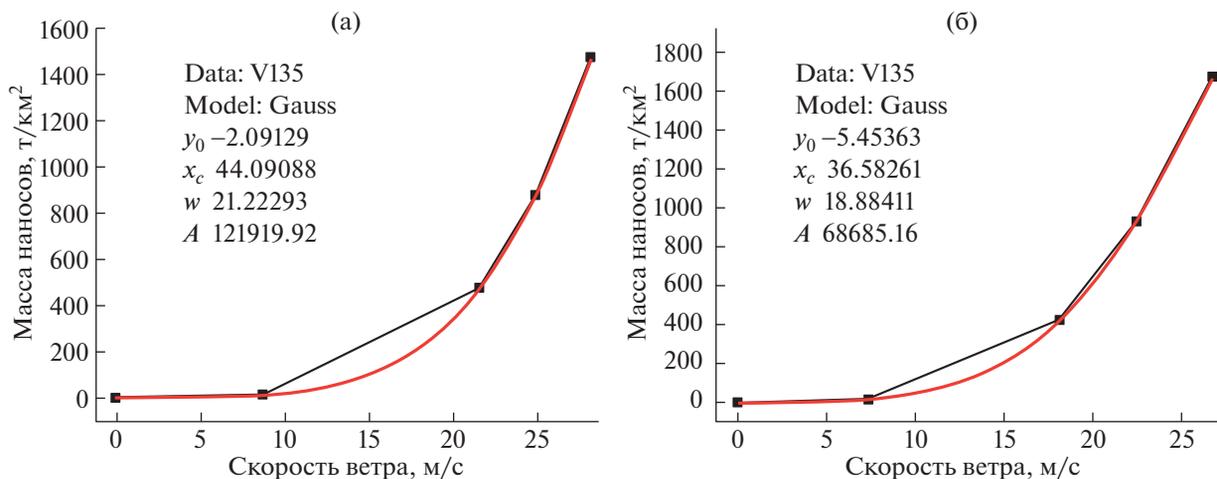


Рис. 3. Масса транспортируемых наносов (t/km^2) и параметры аппроксимации рассматриваемой функциональной зависимости кривой Гаусса за период трехдневного шторма, обеспеченности 1 раз в год при различной скорости ветра в шторме юго-западного (а) и северо-восточного (б) преобладающих направлений. Точки – расчетные данные, плавная кривая – аппроксимация.

Fig. 3. Mass of transported sediments (t/km^2) and parameters of approximation of the considered functional dependence of the Gaussian curve for the period of a three-day storm, security 1 time per year at different wind speeds in the storm of the south-west (a) and north-east (b) prevailing directions. Points – calculated data, smooth curve – approximation.

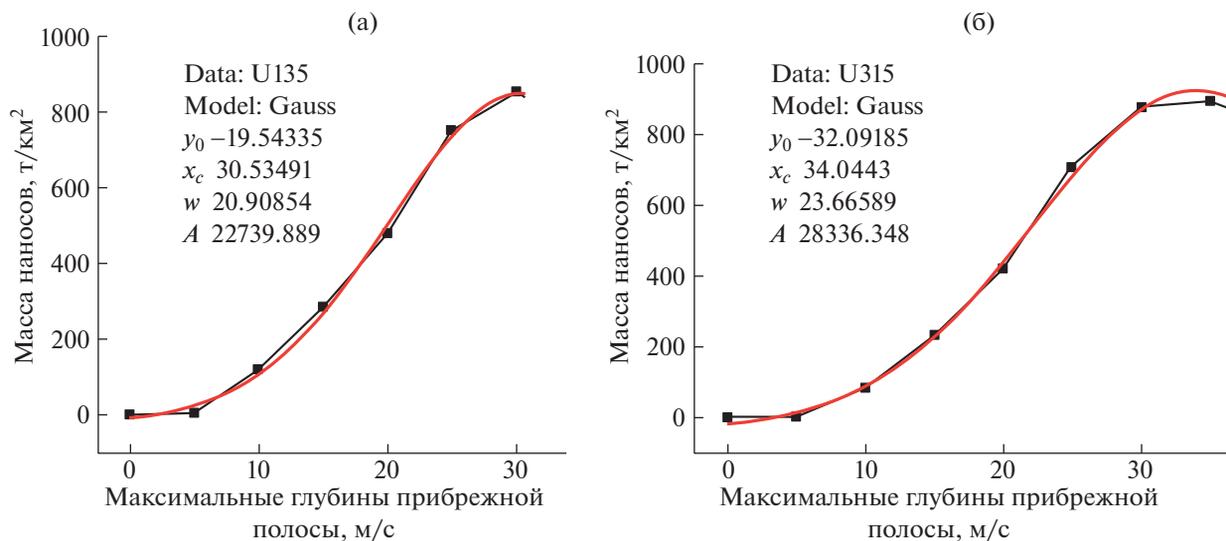


Рис. 4. Масса транспортируемых наносов (t/km^2) при различной ширине прибрежной полосы и параметры аппроксимации рассматриваемой функциональной зависимости за период трехдневного шторма обеспеченности 1 раз в год: юго-западного (а) и северо-восточного (б) преобладающих направлений скорости ветра. Точки – расчетные данные, плавная кривая – аппроксимация.

Fig. 4. Mass of transported sediments (t/km^2) with different widths of the coastal strip and parameters of approximation of the considered functional dependence for the period of a three-day storm of security 1 time per year: south-west (a) and north-east (b) prevailing directions of wind speed. Points – calculated data, smooth curve – approximation.

Береговая динамика Печорского моря характеризуется наличием крупномасштабных относительно обособленных морфолитодинамических ячеек. Однонаправленные потоки возможны лишь на отдельных выровненных участках.

Масса осадков, перемещенных в течение шторма, измеряется сотнями т на $1 km^2$ дна и увеличивается с ростом скорости ветра. Основная масса материала транспортируется во время штормов в полосе глубин от 10 до 30 м.

БЛАГОДАРНОСТИ

Результаты исследований получены в рамках государственного задания (тема № FMWE-2021-0006), обобщение результатов и подготовка к публикации – при поддержке РНФ (проект № 19-17-00234-П).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болдырев В.Л., Рябкова О.И. Динамика береговых процессов на Калининградском побережье Балтийского моря // Изв. РГО. 2001. Т. 133. № 5. С. 41–48.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 1. Баренцево море. Л.: Гидрометеиздат, 1991. Вып. 1. 280 с.
- Каминский В.Д., Супруненко О.И., Смирнов А.Н., Медведева Т.Ю., Черных А.А., Александрова А.Г. Современное ресурсное состояние и перспективы освоения минерально-сырьевой базы шельфовой области российской Арктики // Разведка и охрана недр. 2016. № 9. С. 136–142.

Ласточкин А.Н., Нарышкин Г.Д. Новые представления о рельефе дна Северного Ледовитого океана // Океанология. 1986. № 6. С. 968–973.

Миронов Е.У., Тюряков А.Б. Основные закономерности формирования ледовых условий в Печорском море и их долгосрочный прогноз // Труды ААНИИ. 1998. Т. 438. С. 41–50.

Михинов А.Е. Динамика наносов в морской береговой зоне // Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря. Киев: Наук. думка, 1991. С. 158–176.

Михинов А.Е. Динамика наносов в морской прибрежной зоне. Дис. ... докт. геогр. наук. М.: МГУ, 1992. 472 с.

Огородов С.А., Луговой Н.Н. Техногенный фактор в динамике берегов Варандейского промышленного участка // Геоморфология на рубеже XXI века. IV Шукинские чтения. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2000. С. 432–436.

Печорское море. Опыт системных исследований. М.: Изд. группа “Море”, 2003. 486 с.

Прищепина О.М., Богатский В.И., Орлова Л.А., Чумакова О.В. Прогноз нефтегазоносности области северного замыкания Тимано-печорского осадочного бассейна // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2009. № 4. С. 1–28.

Руководство по методам исследований и расчетов перемещения наносов и динамики берегов при инженерных изысканиях. М.: Гидрометеиздат, 1975. 238 с.

Трубкин И.П. Ветровое волнение (взаимосвязи и расчет вероятностных характеристик). М.: Научный мир, 2007. 264 с.

Трубкин И.П., Немировская И.А. Пространственная изменчивость взвеси в области вторичного загрязне-

- ния донных осадков в районе дампинга (модельные расчеты полигона в заливе Находка) // Геоморфология. 2020. № 2. С. 102–115.
<https://doi.org/10.31857/S0435428120020091>
- Тупикин С.Н. Сильные ветры Балтийского моря (анализ, статистика, типизация). Калининград: Калинингр. ун-т., 1997. 96 с.
- Gurevich V.L. Recent sedimentogenesis and environment of the Arctic shelf of western Eurasia. *Meddelelser 131*. Oslo: NPI, 1995. 92 p.
- Levitan M.A., Dekov V.M., Romankevich E.A., and Kondratenko A.V. Some indication for late Quaternary Pechora Riverdischarge results of vibrocore studies in the southeastern Pechora Sea // *Int. J. Earth Sci.* 2000. Vol. 89. P. 533–540.
<https://doi.org/10.1007/s005310000133>
- New Atlas Presents Global Analyses of Surface Marine Data // *Earth System Monitor*. 1995. Vol. 6. No. 2. P. 1–40.

MODEL CALCULATIONS OF BOTTOM SEDIMENT DYNAMICS IN THE PECHORA SEA

I. P. Trubkin^a and I. A. Nemirovskaya^{b, #}

^aAll-Russian Scientific Research Institute of Ecology, Moscow, Russia

^bShirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow, Russia

[#]E-mail: nemir44@mail.ru

The results of calculations of the spatial distribution of bottom deformations in the bottom area of the Pechora Sea at different wind directions are presented. It is shown that bottom erosion dominates on the shelf, while in the coastal zone the storm of the prevailing directions cause accumulation of sediments. The shoreline is mostly receding, which ultimately should lead to a flattening of the offshore coastal slope. It is concluded that there are large-scale relatively isolated lithodynamic cells in the coastal zone. The mass of sediment displaced during a storm is measured in hundreds of tons per square kilometer of seabed and increases with increasing wind speed. The bulk of material is transported during storms in a strip of depths from 10 to 30 m.

Keywords: suspended particulate matter, bottom sediments, sediment mass, model calculations, Pechora Sea

ACKNOWLEDGEMENTS

The research results were obtained in the framework of the state task (No. FMWE-2021-0006), generalization of the results and preparation for publication – with the support of the Russian Science Foundation (project No. 19-17-00234-П).

REFERENCES

- Boldyrev V.L. and Ryabkova O.I. Dynamics of coastal processes on the Kaliningrad coast of the Baltic Sea. *Izv. RGO*. 2001. Vol. 133. No. 5. P. 41–48. (in Russ.)
- Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei SSSR. T. 1. Barentsevo more* (Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Barents Sea. Vol. 1. Hydrometeorological conditions). L.: Gidrometeoizdat (Publ.), 1992. 449 p. (in Russ.)
- Gurevich V.L. Recent sedimentogenesis and environment of the Arctic shelf of western Eurasia. *Meddelelser 131*. Oslo: NPI (Publ.), 1995. 92 p.
- Kaminsky V.D., Suprunenko O.I., Smirnov A.N., Medvedeva T.Yu., Chernykh A.A., and Alexandrova A.G. Current resource status and prospects for the development of the mineral resource base of the shelf region of the Russian Arctic. *Razvedka i okhrana nedr*. 2016. No. 9. P. 136–142. (in Russ.)
- Lastochkin A.N. and Naryshkin G.D. New ideas about the bottom topography of the Arctic Ocean. *Okeanologiya* (Oceanology). 1986. No. 6. P. 968–973. (in Russ.)
- Levitan M.A., Dekov V.M., Romankevich E.A., and Kondratenko A.V. Some indication for late Quaternary Pechora Riverdischarge results of vibrocore studies in the southeastern Pechora Sea. *Int. J. Earth Sci.* 2000. Vol. 89. P. 533–540.
<https://doi.org/10.1007/s005310000133>
- Mikhinov A.E. *Dinamika nanosov v morskoi pribrezhnoi zone* (Sediment dynamics in the marine coastal zone). PhD thesis. Moscow: MSU (Publ.), 1992. 472 p. (in Russ.)
- Mikhinov A.E. The dynamics of sediments in the marine coastal zone. *Gidrologiya i gidrodinamika shelf'fovoi zony Chernogo morya*. Kiev: Naukova Dumka (Publ.), 1991. P. 158–176. (in Russ.)
- Mironov E.U. and Tyuryakov A.B. The main laws of the formation of ice conditions in the Pechora Sea and their long-term forecast. *Trudy AANII*. 1998. Vol. 438. P. 41–50. (in Russ.)
- New Atlas Presents Global Analyses of Surface Marine Data. *Earth System Monitor*. 1995. Vol. 6. No. 2. P. 1–40.
- Ogorodov S.A. and Lugovoi N.N. Technogenic factor in the coastal dynamics of the Varandey industrial site. *Geomorfologiya na rubezhe XXI veka. IV Shchukinskie chteniya*. M.: Geogr. f-t MSU (Publ.), 2000. P. 432–436. (in Russ.)
- Pechorskoe more. Opyt sistemnykh issledovaniy* (Pechora Sea. Experience in systems research). M.: Publishing group “More” (Publ.), 2003. 486 p. (in Russ.)
- Prishchepa O.M., Bogatsky V.I., Orlova L.A., and Chumakova O.V. Oil and gas potential forecast for the northern

- closure region of the Timan-Pechora sedimentary basin. *Neftgazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. 2009. No. 4. P. 1–28. (in Russ.)
- Rukovodstvo po metodam issledovaniy i raschetov peremeshcheniya nanosov i dinamiki beregov pri inzhenernykh izyskaniyakh* (Guidance on research methods and calculations of sediment transport and coastal dynamics during engineering surveys). M.: Gidrometeoizdat (Publ.), 1975. 238 p. (in Russ.)
- Trubkin I.P. *Vetrovoe volnenie (vzaimosvyazi i raschet veroyatnostnykh kharakteristik)* (Wind excitement (interconnections and calculation of probabilistic characteristics)). M.: Nauchnyi Mir (Publ.), 2007. 264 p. (in Russ.)
- Trubkin I.P. and Nemirovskaya I.A. Spatial variability of suspended matter in the area of secondary pollution of bottom sediments in the dumping area (model calculations of the landfill in Nakhodka) Bay. *Geomorfologiya*. 2020. No. 2. P. 102–115. (in Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0435428120020091>
- Tupikin S.N. *Silnye vetry Baltiiskogo morya (analiz, statistika, tipizatsiya)* (Strong winds of the Baltic Sea (analysis, statistics, typification)). Kaliningrad: KSU (Publ.), 1997. 96 p. (in Russ.)