ГЕОЭКОЛОГИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГИДРОГЕОЛОГИЯ. ГЕОКРИОЛОГИЯ, 2021, № 3, с. 52–68

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

УДК 624.131

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

© 2021 г. А. Е. Рыбалко[1,2,3,*], М. С. Захаров[1,], В. А. Щербаков[1,***], А. С. Локтев[1,3,****]**

[1] *Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана имени академика И.С. Грамберга Английский проспект, д. 1, Санкт-Петербург, 190121 Россия*

[2] *Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета 10-я линия Васильевского острова, д. 31–33, Санкт-Петербург,190000 Россия*

[3] *Центр морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова Ленинские горы, владение 1, строение 77, Москва, 119992 Россия*

**E-mail: alek-rybalko@yandex.ru*

***E-mail: zhmike@mail.ru*

****E-mail: victor-shcherbakov@mail.ru*

***** E-mail: andreiloktev@gmail.com*

Поступила в редакцию 18.12.2020 г.
После доработки 03.02.2021 г.
Принята к публикации 13.02.2021 г.

Рассмотрены методические принципы инженерно-геологического районирования, обоснована таксономическая шкала единиц районирования, проанализированы основные факторы, определяющие инженерно-геологическую обстановку в различных районах арктического шельфа, представлена карта-схема инженерно-геологического районирования арктического шельфа России в масштабе 1 : 15000000. В пределах выделенных районов дана обобщающая характеристика инженерно-геологических условий.

Ключевые слова: *инженерно-геологическое районирование, арктический шельф, инженерно-геологический регион, область, район, историко-генетическое обоснование районирования, таксономиия и типология инженерно-геологических условий*

DOI: 10.31857/S0869780921030085

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность обзорного инженерно-геологического картографирования шельфа окраинных морей Северного Ледовитого Океана определяется целями и задачами Государственной Программы “Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации”, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 31.08.2017 №1064. В ходе реализации данной программы ожидается до 2025 г. “*...организация производства конкурентоспособной высокотехнологичной продукции для нужд геологоразведки, добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающей повышение энергоэффективности процессов освоения минеральных ресурсов на основе принципов ресурсосбережения и рационального природопользования*”. В паспорте подпрограммы 1 “Формирование опорных зон развития и обеспечения их функционирования...” указана необходимость обеспечения реализации проектов хозяйственного освоения арктических территорий и континентального шельфа, а также обеспечение безопасности зданий и сооружений в районах опасных геокриологических процессов. Целевыми индикаторами выполнения данной подпрограммы являются “*...количество подготовленных проектов методических и аналитических документов, используемых для принятия управленческих решений; ...количество разработанных научно-обоснованных аналитических документов, нормативно-технических документов и рекомендаций по геотехническому мониторингу, изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений в опорных зонах развития Арктической зоны РФ*”. Указана необходимость широкого информирования о деятельности государства в Арктической зоне граждан РФ и средств массовой информации, усиление позиций РФ в международных организациях, расширение взаимовыгодного международного сотрудничества в Арктике. Инженерно-геологические карты шельфовой зоны окраинных морей Северного Ледовитого океана непосредственно вписываются в данную программу и могут занять достойное место в Нацио-

нальном Атласе Арктики, составление которого предусматривается в рамках подпрограммы “Государственная регистрация прав, кадастра и картографии”.

Инженерно-геологическое районирование территорий, включая и дно акваторий, является важным шагом для сравнения и оценки разнообразия инженерно-геологических условий различных территорий, позволяя понять основные закономерности формирования инженерно-геологической обстановки и сформулировать типовые требования к проектированию и строительству инженерных объектов.

Районирование – деление территории или дна акватории на части, различающиеся между собой и в чем-то однородные внутри себя. Картографическое районирование является основным методом специализированной характеристики и оценки любой территории по заранее отобранным признакам. Практическая сущность районирования связана с решением конкретных задач объединения территорий, акваторий или геологических тел, обладающих относительным сходством по некоторому набору признаков, и их отделения от соответствующих единиц, этими признаками не обладающих. Районирование всегда носит целенаправленный характер, вытекающий из четко сформулированной в научном или практическом плане цели. Карты районирования выполняют особую информационную функцию, адресуются определенному потребителю и должны обеспечивать высокий уровень понимания и обобщения информации. Инженерно-геологическое районирование следует рассматривать как комплекс логических приемов объемного и содержательного обобщения и упрощения информации, диктуемых определенной целью и выполняемых на основе некоторого первоначального раздела геопространства [4].

Чаще всего обзорное инженерно-геологическое районирование историко-генетического характера использует трехступенчатую схему с выделением таких таксономических единиц как регион, области разного порядка и районы разного порядка (иногда подрайоны). Основоположник отечественного направления инженерно-геологического районирования И.В. Попов вообще придерживался практики двухступенчатого районирования на уровне регионов и районов, когда для выделения районов используются те же признаки, что и для регионов, но с большей детализацией в более узких пределах [13]. При этом регионы выделяются по признаку общности строения пород коренной основы (на уровне формаций и субформаций), строения и состава поверхностных отложений, гидрогеологических условий геоморфологической обстановки и современных геологических процессов [14]. Указанные принципы были успешно развиты при составлении монографии “Инженерная геология СССР” (см. том 1, 1978, под редакцией И.С. Комарова) и закреплены в специальном выпуске в 1990 г. (см. “Инженерная геология СССР. Шельфы СССР” под редакцией К.И. Джанджгавы, И.С. Комарова, Я.В. Неизвестнова и др. [5, 6].

Проблемы инженерно-геологического районирования арктического шельфа начинаются с недостаточной изученности инженерно-геологической обстановки в пределах арктического бассейна и усугубляются невозможностью в полной мере использовать опыт такого районирования по суше, поскольку объекты районирования имеют совершенно разное целеполагание для такого картографического обобщения и различный набор факторов, которые следует привлекать к построению карт районирования суши и подводного пространства. Поэтому в статье представлен сугубо авторский подход к проблеме инженерно-геологического районирования и подбор соответствующих картографических решений. Для решения поставленных задач в полной мере были проанализированы базы данных и картографические материалы обзорного районирования Нечерноземной зоны Европейской зоны РФ, Западно-Сибирской низменности, Казахстана и других регионов Евразийского континента. В полной мере следует признать существенные успехи советской (российской) школы регионального инженерно-геологического анализа и картографирования, заложенные трудами акад. Е.М. Сергеева и его последователей.

При инженерно-геологическом районировании арктического шельфа РФ авторы столкнулись с рядом весьма трудных и специфических задач, решение которых вероятно будет продолжаться и дискутироваться в ближайшее время. При этом за рамками обсуждения пока остается постановка задачи и разработка методики инженерно-геологического картирования и районирования для смешанных объектов прибрежной зоны в составе “суша–море”, например, для номенклатурных листов миллионного масштаба.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

При современном уровне изученности Арктического шельфа России можно с уверенностью утверждать, что наиболее достоверные и сравнимые сведения имеются по рельефу дна, которые были получены в результате практически полного покрытия морского дна в пределах шельфовых областей гидрографическими съемками разного времени и качества. Итогом этих работ явилась созданная в России “Карта рельефа дна Северного Ледовитого океана масштаба 1 : 5000000”, из-

Таблица 1. Инженерно-геологическое районирование шельфа арктических морей России

Инженерно-геологические регионы (ИГРГ)	Западно-Арктический (I)		Восточно-Арктический (II)	
Инженерно-геологические области (ИГО)	Баренцевская (I-А)	Карская (I-Б)	Лаптевоморская (II-А)	Восточносибирско-Чукотская (II-Б)
Инженерно-геологические районы (ИГР)	I-А-1... I-А-9	I-Б-1... I-Б-7	II-А-1... II-А-4	II-Б-1... II-Б-7

данная в 1998 г. [7], для которой основные черты формирования рельефа и методика районирования шельфовых морей на морфоструктурной основе были сформулированы Г.Д. Нарышкиным [11].

Исходя из особенностей морфоструктуры, уже длительное время выделяются два региона – Западно-Арктический и Восточно-Арктический шельф. Первый отличается большей расчлененностью дна, относительной погруженностью (бровка континентального шельфа располагается на глубинах более 300 м, достигая в желобах отметок 700 м) и во многом сформировался при влиянии процессов континентального оледенения [2, 10, 12]. Второй – это относительно мелководный шельф, с практически выровненным характером донной поверхности, где максимальные уклоны не превышают долей градуса. Здесь практически не было покровного оледенения и главным фактором формирования рыхлых (четвертичных) отложений выступали трансгрессивно-регрессивные колебания уровня моря.

В результате сформировались принципиально различные структуры, что оказывает решающее воздействие на инженерно-геологические условия. На востоке через континентальную окраину проходит Лаптевская рифтогенная зона, сменяемая Новосибирской зоной горстов и грабенов. Вся восточная часть шельфа входит в состав Восточно-Сибирско-Чукотского бассейна, а со стороны суши к морям этого региона подходят, главным образом, складчатые горные хребты [3, 5]. При этом приморская часть шельфа является продолжением структур, протягивающихся с моря и названных вследствие этого группой авторов из ФГБУ ВНИИОкеангеология “сквозными” [3]. Они обладают сходными геоморфологическими элементами, что в свое время позволило исследователям ВНИИОкеангеологии трактовать приморский участок суши восточносибирских морей, как “палеошельф”. Все эти особенности позволили С.Г. Миронюку вслед за многими предшественниками при сравнении инженерно-геологических условий шельфовой арктической зоны России отнести Баренцево и Карское моря к гляциальным шельфам, а море Лаптевых, Восточносибирское и Чукотское – к перигляциальным [8–10].

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Как было отмечено выше, общепринятой методики инженерно-геологического районирования шельфа в выбранном масштабе не существует, поэтому предлагаемая схема является авторской разработкой, которая базируется на специальном подборе признаков районирования, подтверждаемых уровнем изученности и достоверностью исходного материала. Исходя из сказанного, с полным правом можно в качестве инженерно-геологических регионов (ИГРГ) выделить Западно-Арктический шельф и Восточно-Арктический шельф (табл. 1).

При выделении *инженерно-геологических областей* (ИГО) во главу угла ставился анализ истории формирования морфоструктуры. Таким образом, в первом регионе в качестве областей были выделены западная и восточная его части. Первая ИГО, учитывая геологическую историю формирования и характер рельефа, относится к классическим гляциальным шельфам с расчлененной поверхностью и значительными глубинами, которые связаны, вероятно, с недокомпенсированностью гляциоизостатического поднятия [8, 10].

В последнее время использование новых систем сейсмоакустической аппаратуры и детальные инженерно-геологические изыскания на перспективных участках под бурение на нефть и газ позволили детально отследить различные типы ледниковых отложений на Баренцевом море и западной части Карского моря [9]. В геоструктурном отношении большая часть этой области относится к Баренцево-Карской окраинно-материковой плите.

Вторая ИГО расположена восточнее островов Новой Земли, значительная часть ее относится к затопленной окраине Западно-Сибирской плиты, и только самая восточная окраина находится в пределах орогенных областей Таймыра и Северной Земли. Эта область сочетает в себе черты гля-

циального шельфа, особенно в западной части, и типичных шельфовых равнин, расположенных на плитном чехле, рельеф которых формировался под воздействием трансгрессивно-регрессивных циклов. Кроме того, сам разрез четвертичных отложений, а также рельеф морского дна существенно отличаются от первой ИГО. Это практически плоская равнина с незначительным расчленением, с полным отсутствием моренных гряд на большей части морского дна. Мощность четвертичных отложений существенно возрастает, в том числе за счет появления в разрезе нижненеоплейстоценовых и даже эоплейстоценовых горизонтов. Здесь гораздо большим распространением пользуются многолетнемерзлые породы (ММП), а мелководность большей части данной ИГО предопределяет появление в рельефе морского дна многочисленных погребенных речных долин. Так как практически названные области совпадают с границами одноименных морей, то они соответственно получили название Баренцевская и Карская (см. табл. 1).

В структурно-тектоническом отношении в пределах Восточно-Арктического ИГРГ можно также выделить две структурно предопределенные области.

Первая, западная, территориально совпадающая с морем Лаптевых, относится к зонам активных в настоящее время геологических структур, связанных с раскрытием ложа Северного Ледовитого океана и отраженных на схемах тектонического районирования как Лаптевская рифтогенная зона и Новосибирская зона горстов и грабенов [3]. Однако сложная геологическая структура здесь маскируется современным равнинным рельефом, развитым на мерзлых породах или реликтовых пластовых льдах. Соответственно, данная ИГО получила название Лаптевской.

Границы второй области менее четкие. Со структурных позиций она почти целиком относится к Чукотско-Восточносибирскому бассейну. Большая часть шельфа к востоку от Новосибирских островов представляет собой типичную равнину с глубинами до 150 м, расчлененную четкими палеодолинами, которые являются продолжением современных рек, тальвеги которых достигают бровки шельфа. С другой стороны, в Чукотском море четко обозначены подводные поднятия островов Врангеля и Геральда, а большая часть побережья имеет ярко выраженный лагунный характер, что нетипично для других участков шельфа арктических морей. Однако, совершенно недостаточный объем фактического материала, прежде всего сейсмоакустического профилирования и инженерно-геологического бурения не дает оснований для более детального районирования этой области, и она выделяется как объединенная Восточносибирско-Чукотская.

Для выделения *инженерно-геологических районов* (ИГР) использовался принцип смешанного районирования, учитывающий, как индивидуальные характеристики, так и определенную типологию инженерно-геологической обстановки в целом. В качестве первых рассматривалась специфические морфоскульптурные характеристики в пределах той или иной акватории (равнины, впадины, возвышенности, желоба, островные мелководья, эстуарии, строение береговой зоны – типы берегов), в качестве вторых – особенности современных процессов литодинамики, определяющие устойчивость и закономерности современного развития инженерно-геологической обстановки в целом.

С этой точки зрения, можно выделить районы преимущественно аккумулятивного типа развития (АК) – 1 тип, денудационного типа развития (ДЕН) – 2 тип, смешанного типа (АК-ДЕН) – 3 тип, транзитного типа развития (ТР) – 4 тип. Соответственно для районов 1 типа характерна относительно *стабильная инженерно-геологическая обстановка, определяемая накоплением мощных покровных отложений;* для районов 2 типа – *неустойчивая и изменчивая по пространству и по времени инженерно-геологическая обстановка, определяемая соотношением процессов денудации и размыва;* для районов 3 типа – *переходная нестационарная инженерно-геологическая обстановка, определяемая режимом аккумулятивно-денудационных процессов, сильно изменчивых по пространству и по времени;* для районов 4 типа – *нестабильная инженерно-геологическая обстановка, определяемая процессами направленного размыва коренного ложа и разнонаправленного переноса донных отложений.*

По мере накопления фактического материала и мониторинга гидро-литодинамических процессов, связанных с глобальными климатическими изменениями, появится возможность построения более чуткой и последовательной типологии инженерно-геологических условий и учета индивидуальных особенностей отдельных участков шельфа, особенно в прибрежной зоне. Таким образом, табл. 2 следует рассматривать как временное решение вопроса, на основе которого в будущем будут последовательно развернуты как типологические, так и индивидуальные схемы районирования.

Важный момент при составлении схемы районирования для целей картографирования – подбор наиболее выразительных изобразительных средств. Главное изобразительное селективное средство – цвет, был отдан типам инженерно-геологических районов:

– бледно-зеленый – районам с относительно стабильной инженерно-геологической обстановкой, определяемой накоплением мощных по-

Таблица 2. Характеристика инженерно-геологических районов (до границы подводного берегового склона)

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Баренцевская ИГО					
Районы локальных впадин и желобов (I-A-1)	Фрагменты аккумулятивных нефелоидных равнин, приуроченных к вдольберегов ым желобам (Кольскому и Новоземельскому) и локальным впадинам внутришельфовых желобов с углами наклона склонов 1°–10° и более. Глубины 100–200 м	Нефелоидное осадконакопление со слабым влиянием придонных течений, с малоактивной литодинамикой. Вдоль бортов – слабо выраженные склоновые процессы. В желобах присутствуют гляциотурбидитовые толщи	Большая часть поверхности дна занята песчанистыми илами небольшой мощности, перекрывающими различные ИГК. Встречается грубо обломочный материал ледового разноса	Слабая сейсмическая активность вдоль “Линии Карпинского”. Интенсивность движений затухает от раннего к позднему голоцену	ММП практически отсутствуют. На склонах – слабо выраженные гравитационные процессы с преобладанием оплываний. В бортах желобов выявлены толщи гляциотурбидитов
Южно-Мурманский район (I-A-2)	Денудационное субгоризонтальное плато. Южно-Мурманской банки со склонами крутизной 3°–5°. Глубины 60–150 м	Зона придонных слабых течений, препятствующих современному нефелоидному осадконакоплению	Преобладают пески, перекрывающие связные грунты, уплотненные, иногда переуплотненные	Асейсмичная зона	ММП практически отсутствуют
Южно-Баренцево-морский район (I-A-3)	Аккумулятивная морская поздне-неоплейстоценовая равнина с отдельными уступами и склонами крутизной до 1°–5°. Глубины до 300 м. Отдельные моренные гряды и узкие ложбины	Преобладание слабого течениевого воздействия на морское дно. Литодинамика грунтов, в целом, малоактивная	Большая часть дна занята суглинистыми илами небольшой мощности, локально мощность может возрастать до 15 м. Обычно подстилаются глинами и суглинками неоплейстоцена. Встречается грубообломочный материал ледового разноса	Асейсмичная зона	ММП либо отсутствуют, либо локально представлены сезонными образованиями. Отмечаются многочисленные проявления скоуринга, возможны слабо интенсивные гравитационные процессы
Северо-Баренцево-морский район (I-A-4)	Аккумулятивно-денудационная интенсивно расчлененная существенно моренная равнина с желобами и расчлененными склонами крутизной более 10°. Оползневые врезы и аккумулятивные тела. Глубины 200–300 м	Глубоководная гидродинамическая зона. Течениевое воздействие на морское дно и переменная подвижность донных осадков	Маломощная толща современных нефелоидных грунтов, перекрывающая пачку связных тонкодисперсных грунтов, часто опесчаненных, отдельные прослои песков с гравием и щебнем. Отдельные гряды, сложенные плотными суглинками и супесями с включением грубообломочного материала	Возможна повышенная сейсмичность на стыке тектонических структур и в желобах	Возможно появление новообразованных ММП. Солифлюкционные и абразионно-солифлюкционные потоки на грядовом рельефе. Оползневые явления

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Печорский район (I-A-5)	Денудационно-аккумулятивная прибрежная равнина с отдельными желобами, холмами, грядами и уступами Склоны крутизной до 5° и более. Глубины до 150 м	Прибрежная гидродинамическая зона с определяющим волновым воздействием и высокой подвижностью осадков. Интенсивные ресуспензионные процессы под влиянием приливо-отливных течений. В желобах – нефелоидная седиментация. Вдольбереговые потоки наносов. На отдельных участках возможны высокие скорости отступания береговой линии	Современный нестабильный покров донных осадков мощностью до 10 м (обычно первые метры), представленных неустойчивыми грунтами, на мелководьях активно перемещающимися по морскому дну	Возможна повышенная сейсмичность на стыке тектонических структур, в желобах, а также вдоль региональных разломов	Возможна реликтовая мерзлота и ископаемые льды. Постоянные солифлюкционные и абразионно солифлюкционные потоки. В береговой зоне – активная термоабразия. Нестабильный рельеф в зоне выносов р. Печоры (подвижные подводные косы)
Район Центрально-Баренцево-морского поднятия (I-A-6)	Субгоризонтальные плато и возвышенности с отдельными уступами и склонами крутизной до 5°–8°. Глубины 50–200 м	Сочетание течениевого воздействия на морское дно с нефелоидной седиментацией. Умеренная подвижность донных осадков	Большая часть поверхности дна занята суглинистыми илами или супесями небольшой мощности. Широко развиты грунты перлювиального генезиса, представленные супесями и суглинками с включением грубообломочного материала, в том числе и ледового разноса	Асейсмичная зона	Мерзлота, в том числе и сезонная, большей частью отсутствует
Приновоземельский район (I-A-7)	Денудационно-структурная равнина на палеозойском цоколе с мелкогрядовой поверхностью и склонами с углами 5°–10° и выше. Глубины 25–150 м	Переходная гидродинамическая зона с сочетанием волновых и течениевых воздействий на морское дно и умеренной подвижностью донных осадков	Преобладают песчаные и супесчаные грунты часто с включением большого количества щебня и мелких валунов. Содержат большое количество дробленной ракуши. Перекрывают суглинки и глины неоплейстоценового возраста или непосредственно выходы скальных пород	Слабо проявленная сейсмичность, связанная с основными вдольбереговыми действующими разрывными нарушениями	Возможно присутствие ММП, представленных либо переохлажденными грунтами, либо новообразованиями. На внешнем склоне с большими углами наклона развитие получают склоновые процессы

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Район краевого поднятие Земли Франца-Иосифа (I-А-8)	Денудационная равнина с большим диапазоном изменения глубин от островного мелководья до 200 и более метров. Интенсивно пересеченный (грядовый) рельеф дна и изрезанная береговая линия островных архипелагов. Ледовые берега, простирающиеся за пределы берегового склона	Зона с активными разнонаправленными потоками наносов. Следы ледового выпахивания и разноса крупнообломочного материала	Тонкий слой песчано-щебнистого перлювия, перекрывающий толщу со сложным чередованием плотных моренных суглинков, плотных глин и коренных пород	Значительные по амплитуде и протяженности разрывные нарушения. Слабая сейсмическая активность и редкие землетрясения силой свыше 3 баллов	Возможны реликтовые и новообразованные ММП. Активная экзарационная деятельность айсбергов
Район желоба Франц-Виктории (I-А-9)	Аккумулятивная нефелоидная равнина в желобе с расчлененными склонами бортов крутизной свыше 10°. Активные склоновые процессы. Оползневые врезы. Глубины 100–500 м	Глубоководная гидродинамическая зона. Сочетание нефелоидной седиментации с течениевым воздействием на морское дно и переменной подвижностью осадков	Мощная толща современных нефелоидных осадков залегает на коричневых, серых, синих илах желобов	Возможна повышенная сейсмичность на стыке тектонических структур и в желобах	ММП практически отсутствуют. Постоянные солифлюкционные и абразионно-солифлюкционные потоки. Активные склоновые процессы
Карская ИГО					
Район центральной Карской равнины (I-Б-1)	Денудационно-аккумулятивная слабовсхолмленная равнина. Отдельные холмы, гряды и уступы. Большое количество палеорусел. Глубины 25–100 м	Слабо проявленная волновая деятельность и активное воздействие на дно течений, приводящие к высокой подвижности осадков. Ресуспензия осадков под влиянием приливо-отливных течений. Вдоль береговые потоки наносов. На отдельных участках возможны высокие скорости перемещения наносов	Современный нестабильный покров донных осадков мощностью до 10 м, (обычно первые метры), представленный неустойчивыми грунтами, активно перемещающимися по морскому дну	Асейсмичная зона	Подводные реликтовые и новообразованные МПП. Термоабразия и термоэрозия морского дна. Образование гидролакколитов. Газовые выбросы. Ледовое выпахивание. Возможна ослабленность волновых процессов из-за высокой ледовитости моря и широкой полосы припая

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Ямало-Обский район (I-Б-2)	Аккумулятивная аллювиально-морская и морская равнина, прилежащая к термоабразионным берегам. Отдельные ложбины, гряды и уступы. Глубины 25–100 м	Слабопроявленная волновая деятельность и активное воздействие на дно течений, приводящие к высокой подвижности осадков. Ресуспензия осадков под влиянием приливно-отливных течений. Вдоль береговые потоки наносов. На отдельных участках возможны высокие скорости перемещения наносов	Современный нестабильный покров донных осадков мощностью до 10 м, (обычно первые метры), представленный неустойчивыми связными тонкодисперсными и несвязными грунтами (песками, супесями, суглинками и илами)	Асейсмичная зона	Подводные реликтовые и новообразованные ММП. Термоабразия и термоэрозия морского дна, а также активное воздействие льдов на окружающие берега. Газовые выбросы. Ледовое выпахивание. Возможна ослабленность волновых процессов из-за высокой ледовитости моря и широкой полосы припая
Районы шельфовых краевы желобов (I-Б-3)	Фрагменты аккумулятивных нефелоидных равнин в пределах днища желобов. В желобах расчлененные склоны крутизной свыше 10°. Глубины 100–700 м	Глубоководная гидродинамическая зона. Сочетание нефелоидной седиментации с течениевым воздействием на морское дно и переменной подвижностью осадков	Мощная толща современных нефелоидных осадков залегает на коричневых, серых, синих илах, реже на суглинках и супесях	Возможна повышенная сейсмичность на стыке тектонических структур и в желобах	ММП практически отсутствуют. Солифлюкционные и абразионно-солифлюкционные потоки на склонах желобах.
Район северной Карской равнины (I-Б-4)	Денудационно-аккумулятивная холмисто-грядовая равнина с широким диапазоном изменения глубин от островного мелководья до глубин 100 и более метров. Изрезанная береговая линия островных архипелагов с частичным развитием ледовых берегов	Зона с активными разнонаправленными потоками наносов	Сложное чередование плотных моренных суглинков, плотных глин и локальных полей глинистых илов, приуроченных к шельфовым ложбинам. Широкое распространение перлювиальных осадков суглинисто-песчаного состава с включением щебнистых и гравийных обломков	Слабая сейсмическая активность и редкие землетрясения силой свыше 3 баллов	Возможны реликтовые и новообразованные МПП. Вероятны процессы ледового выпахивания дна, а также гравитационные процессы на склонах

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Район Центрально-Карской возвышенности (I-Б-5)	Субгоризонтальное приподнятое плато с грядово-холмистой поверхностью со склонами крутизной до 5°–8°. Глубины 50–100 м	Преимущественное воздействие слабых течений на морское дно, осложненное ледовым выпахиванием. Умеренная подвижность донных осадков	Поверхность дна покрыта опесчаненными илами небольшой мощности, чередующимися с перлювиальными гравийно-песчанистыми грунтами. Встречается грубообломочный материал ледового разноса. Ниже – глинистые осадки неоплейстоцена	В целом асейсмичная зона район	Возможна реликтовые и новообразованные МПП. На склонах – гравитационные процессы, в том числе оплывание осадков
Транзитный район (I-Б-6)	Наклонная равнина, рассеченная узкими желобами привершинных частей каньонов. Глубины 100–200 м	Совместное воздействие контурных (вдоль бровки шельфа) и стоковых течений, приуроченных к желобам каньонов. Интенсивное перемещение водно-зерновых потоков по каньонам	Песчаные и пылеватые грунты часто с типичной градационной слоистостью. Вдоль бровки шельфа развиты перлювиальные гравийно-песчанистые грунты с грубообломочным материалом ледового разноса	Слабая сейсмическая активность	ММП практически отсутствуют. Постоянные солифлюкционные и абразионно-солифлюкционные потоки. В желобах – турбидитные водно-зерновые потоки. На склонах оползневые явления
Восточно-Новоземельский район (I-Б-7)	Аккумулятивная наклонная нефелоидная равнина, в желобе с расчлененными склонами крутизной свыше 10°. Оползневые врезы. Глубины 100–400 м	Сложное сочетание слабых придонных течений и активное поступление обломочного тонкодисперсного материала со склонов	Преобладают суглинистые илы в осевой части ложбины и суглинки супеси на бортах желоба. Фиксируются гравитационные отложения, связанные с желобами стока	Проявлена слабая сейсмичность	Возможна реликтовая и новообразованная мерзлота, активные склоновые процессы по бортам желоба
Лаптевоморская ИГО					
Районы локальных впадин (II-А-1)	Фрагменты аккумулятивных нефелоидных равнин в пологих депрессиях. Углы склонов – пологие, менее 3°. Глубины 20–90 м	Сложное сочетание воздействия на морское дно слабых течений, ослабленных волновыми процессами в условиях длительно существующего ледового покрова	Преимущественно глинистые и песчанистые илы мощностью 3–7 м. Ниже уплотненные глины позднего неоплейстоцена	Активная сейсмичность, четко связанная с линиями разломов (интенсивностью до 6 баллов)	Возможно присутствие ММП и ископаемых льдов

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Район площадного распространения мерзлых пород (II-А-2)	Денудационно-солифлюкционная плоская равнина, сложенная мерзлыми породами, перекрытая относительно маломощным слоем оттаявших илов. Глубины 20–90 м	Сочетание воздействия на морское дно волновых, течениевых процессов и растепления морского дна. Литодинамическая активность понижена из-за длительно существующего ледового покрова	Песчанистые илы и глинистые пески, иногда с включениями щебня и гравия мощностью до 1 м, подстилаемые мерзлыми плотными породами	Проявлена сейсмичность, четко связанная с линиями разломов (интенсивностью до 6 баллов)	Широко распространены реликтовые ММП и ископаемые льды значительной мощности. Солифлюкционные явления и скопления газов. Слабо изученные проявления повышенных тепловых потоков. Широко проявлены процессы ледового выпахивания
Район Ленской равнина (II-А-3)	Аккумулятивно-денудационная равнина с многочисленными палеодолинами и каньонами вблизи бровки континентального склона	Осадки формируются под определяющим воздействием придонных течений, приводящих к высокой подвижности осадков и частой ресуспензии донных осадков. Активные вдольбереговые потоки наносов. Отмечается активное отступание береговой линии	Современный нестабильный покров донных осадков (преимущественно илов, реже песков) мощностью менее 4 м (обычно первые метры). Представлен неустойчивыми грунтами, активно перемещающимися по морскому дну	Проявлена сейсмичность, четко связанная с линиями разломов (интенсивностью до 6 баллов)	Возможно присутствие реликтовых ММП и ископаемых льдов. В зоне бровки шельфа возможно проявление гравитационных процессов
Районы прибрежных эстуариев (II-А-4)	Фрагменты прибрежных плоских аккумулятивных аллювиально-морских равнин с четко выраженными палеодолинами. Глубины до 25 м	Активное воздействие на морское дно приливо-отливных и стоковых (речных) течений при активном перемещении донных наносов	Пески и связные грунты, часто органогенные и заторфованные	Возможно проявление сейсмических процессов	Возможно наличие реликтовых ММП, которые в летний период частично оттаивают и деградируют. Представляет опасность заносимость фарватеров и инженерных объектов на дне. В весеннее-летний период активное проявление ледового выпахивания

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Восточносибирско-Чукотская ИГО					
Район Восточно-Сибиро-морско-Чукотской мористой равнины (II-Б-1)	Аккумулятивная нефелоидная плоская равнина, с хорошо выраженными палеодолинами и пологими желобами со склонами крутизной менее 5°. Оползневые врезы. Глубины 50–160 м	Нефелоидная седиментация в условиях интенсивного речного выноса и низкой гидродинамической активности в условиях длительно существующего ледового покрова. Главный фактор – очень медленные придонные течения. Ресуспензия осадков только в короткий летний период	Илы залегают на плотных глинах или песках неоплейстоцена. Фациально замещаются относительно прочными мерзлыми породами, неустойчивыми в условиях растепления	Возможна повышенная сейсмичность на стыке тектонических структур и в желобах	Возможны реликтовые ММП и ископаемые льды значительной мощности, частично протаивающие в короткий летний период. Постоянные солифлюкционные и абразионно-солифлюкционные потоки
Район Восточно-Сибиро-морско-Чукотской прибрежной равнины (современной и затопленной) (II-Б-2)	Денудационно-аккумулятивная выровненная прибрежная равнина с постоянно меняющимся рельефом дна. Отдельные изометричные и грядовые поднятия с очень пологими склонами. Местами поверхность дна осложнена мегарифелями. Глубины 10–100 м	Прибрежная гидродинамическая зона с определяющим волновым воздействием и высокой подвижностью осадков. Постоянная ресуспензия донных осадков под влиянием придонных течений. Активные вдольбереговые потоки наносов. Возможны высокие скорости отступания береговой линии. В течение сезона литодинамическая активность различна из-за длительного ледового покрова	Прерывистый покров суглинистых илов, активно перемещающихся по морскому дну. Мощность до 5 м. Перекрывают плотные глинистые и песчаные грунты	Возможна повышенная сейсмичность на стыке тектонических мегаструктур	Преимущественно реликтовые ММП. Термоабразия и термоэрозия. Образование гидролакколитов. Газовые выбросы. Ледовое выпахивание

Таблица 2. Продолжение

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Район Центральных Чукотских поднятий (о-ва Врангель и Геральд) (II-Б-3)	Денудационные плато с глубинами от островного мелководья до 80 и более метров. Наличие крутых склонов с уклонами до 5°–10°	Активная гидродинамическая зона с преобладанием процессов размыва и разнонаправленными потоками наносов. Существенное влияние оказывает ледовый разнос крупнообломочного материала. Активная абразия берегов	Преобладает широкий спектр осадков, представленных песчаными, песчано-гравийными и песчано-глинистыми грунтами перлювиального генезиса мощностью до 1 м с отдельными выходами скальных пород. Перекрывают плотные глинистые, в том числе скальные грунты	Значительные по амплитуде и протяженности разрывные нарушения. Слабая сейсмическая активность и редкие землетрясения силой свыше 3 баллов	Возможны реликтовые ММП в зонах локального распространения рыхлых осадков. Активная абразия берегов. Гравитационные явления на склонах
Транзитный район (II-Б-4)	Наклонная равнина, рассеченная узкими желобами каньонов. Глубины 80–150 м	Преобладающее влияние стоковых течений, приуроченных к желобам каньонов, а также контурные течения вдоль бровки континентального склона. Интенсивное перемещение зерновых потоков по каньонам	Чередование песчанистых грунтов незначительной мощности с перлювиальными образованиями, представленных песками различной зернистости с включением грубообломочного материала, покрывающие морское дно между каньонами. Подстилаются плотными глинистыми породами неоплейстоцена	Слабая сейсмическая активность	ММП практически отсутствуют. Постоянные солифлюкционные и абразионно-солифлюкционные потоки. Оползневые явления
Район Чукотской прибрежной равнины (II-Б-5)	Слабонаклонная аккумулятивная равнина на глубинах 0–20 м. Лагунный тип берега	Интенсивное волновое воздействие с образованием вдольбереговых потоков наносов. Нефелоидная и волновая седиментация в лагунах. Активное перемещение наносов. Местами термоабразионное разрушение берегов	Преобладают песчаные осадки мощностью от 1 до 10 м. В лагунах илы и песчано-глинистые грунты	Слабая сейсмическая активность	ММП практически отсутствуют в результате деградации и активной литодинамики в зоне волнового воздействия. Отмечается сезонное промерзание грунтов у берегов. Аккумулятивно-денудационные процессы в береговой зоне при активном участии припайных льдов

Таблица 2. Окончание

Инженерно-геологические районы	Типовые характеристики районов				
	Геоморфологические особенности	Гидролито-динамические процессы	Литология поверхностных отложений и типы грунтов	Сейсмические и неотектонические явления	Мерзлотно-динамические и другие опасные природные процессы
Районы прибрежных эстуариев (II-Б-6)	Фрагменты прибрежной плоской аккумулятивной алювиально-морская равнины в пределах бухт и эстуарных заливов. Фиксируются палеодолины погребенные и, реже, выраженные в рельефе. Глубины 10–25 м	Сочетание зон активного воздействия на морское дно стоковых течений при активном перемещении донных наносов и нефелоидной седиментации в стороне от литодинамических потоков	Супесчаные и песчаные несвязные и связные грунты с большим количеством органики мощностью до 10 м	Возможно проявление сейсмических процессов	Мерзлотные проявления в грунтах имеют сезонный характер
Районы склонов открытых палеодолин (II-Б-7)	Наклонные денудационные равнины на склонах палеодолин, пересекающих внутреннюю часть шельфа. Глубины 20–50 м	Режим нулевого осадконакопления в условиях повышенной подвижности вод. Склоновые процессы. Широкое развитие перлювия	Супесчаные и суглинистые грунты мощностью до 1–3 м, перекрывающие плотные глины неоплейстоцена	Практическое отсутствие сейсмической опасности	Мерзлотные проявления в грунтах имеют сезонный характер. Склоновые процессы

кровных отложений, т.е. развивающимся преимущественно по аккумулятивному сценарию;

– коричневатая гамма оттенков – районам, где преобладает неустойчивая и изменчивая по пространству и по времени инженерно-геологическая обстановка, определяемая развитием процессов аккумуляции и денудации, вплоть до размыва;

– более интенсивные голубоватые и голубовато-зеленые тона – районам с переходной инженерно-геологической обстановкой, определяемой господством смешанных аккумулятивно-денудационных процессов, сильно изменчивых по пространству и по времени.

Косой штриховкой отмечены районы с нестабильной инженерно-геологической обстановкой, определяемой процессами размыва коренного ложа и переноса донных отложений в виде турбидных потоков. При этом, исходя из того, что характер указанных процессов специфически проявляется в столь разнородных областях, каждая группа районов получила общую цветовую гамму, но различный оттенок в соответствии с ее принадлежностью к определенной инженерно-геологической области.

Например, специфика Баренцевской ИГО (I-А) заключается в том, что нефелоидные осадки здесь локализуются в отдельных впадинах, глубина которых превышает 300 м, а один из основных источников обломочного материала – размыв дна на более мелких участках и переотложение обломочного материала. Следствием этого является супесчаный состав илов и их относительно небольшая мощность. В пределах Восточносибирско-Чукотской ИГО (II-Б) основным поставщиком обломочного материала являются великие сибирские реки на фоне длительно существовавшего ледового покрова, который существенно снижал уровень гидродинамической активности. Поэтому здесь донные осадки существенно пелитовые, причем их накопление может происходить и на глубинах до 100 м, а минеральный состав определяется минеральным составом пород и отложений областей, дренируемых речными потоками на суше.

Описание инженерно-геологических районов приведено в табл. 2, где рассмотрена индивидуальная компонентная характеристика выделенных районов, представленных на картографической схеме. Кроме того, на этой схеме показана дополнительная информация, позволяющая более широко рассматривать инженерно-геологические зональные условия выделенных районов. К ним относятся, прежде всего, зоны проявления опасных эндогенных геологических процессов. Выделены зоны активного и слабого проявления сейсмотектонических процессов, показаны зоны сейсмоактивности по атласу ОСР, а также эпи-

центры основных землетрясений в пределах шельфа силой более 3-х баллов [1]. Также показаны зоны распространения многолетнемерзлых пород и области, где проявления ММП практически отсутствуют. Специальными знаками показаны скопления моренных гряд, речные палеодолины, районы развития течениевых отложений. Также обозначены бровка шельфа и термоабразионные берега, наиболее нестабильные и содержащие прямую угрозу инженерным проектам в приморской части берегов (рис. 1, 2).

СХЕМА РАЙОНИРОВАНИЯ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ОБОБЩЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

В результате выбранной цветовой гаммы на самой схеме районирования отчетливо видны отличия, прежде всего, на уровне регионов и областей. Так, Баренцевская ИГО преимущественно занята районами с переходной нестационарной (в широком смысле этого термина) инженерно-геологическая обстановкой, определяемой режимом аккумулятивно-денудационных процессов, сильно изменчивых по пространству и по времени, и во многом связанных с зонами развития ледникового рельефа.

Инженерно-геологические обстановки, связанные с преобладанием процессов денудации, располагаются главным образом вокруг островов, а также они характерны для поднятий южной части района – Мурманской банке. Районы с преобладанием формирования голоценовых нефелоидных осадков выделены лишь во впадинах глубже 300 м. Отдельно выделяется район Печорского моря, где преобладают аккумулятивные процессы, как в голоцене, так и в плейстоцене. В целом для области характерно широкое развитие скоуринга или ледникового выпахивания, которое длилось практически весь голоцен и отмечается до сих пор на мелководьях.

Аккумулятивно-денудационные равнины характерны и для Карской ИГО. Однако здесь наблюдается иной перепад глубин (хотя преобладают глубины до 100 м), и денудационные участки связаны большей частью с пологими положительными структурами платформенного цоколя. Типичный ледниковый рельеф прослеживается только вдоль восточной бровки Новоземельского желоба и, в существенно меньшей мере, вокруг островов архипелага Северная Земля. Равнины со стабильно развивающимся аккумулятивным покровом развиты более широко, чем в Баренцевской ИГО, и приурочены к днищам желобов, а также к эстуариям рек Оби и Енисея.

Инженерно-геологические районы со стабильным развитием денудационных процессов пользуются в Карской ИГО гораздо меньшим распространением, чем в Баренцевской ИГО, и приурочены они, главным образом, к поднятию острова Визе, располагающемуся между желобами Святой Анны и Воронина. Для этой области характерно появление мерзлых пород и ископаемых, а также новообразованных льдов в донных отложениях. Это делает более опасной эксплуатацию скважин и буровых платформ, чем в Баренцевской инженерно-геологической области.

В Байдарацкой губе широко представлены процессы выпахивания дна стамухами. На крайнем северо-востоке Карской ИГО выделена зона транзитной аккумуляции, представленной водно-зерновыми потоковыми отложениями, приуроченными к верхней части каньонов континентального склона.

Лаптевская ИГО является, с одной стороны, переходной от Западно-Арктического региона к Восточно-Арктическому. С другой стороны, она имеет свои оригинальные черты, которые подтверждают закономерность ее выделения. Здесь, как и в областях Западно-Арктического шельфа, пространственно преобладают переходные инженерно-геологические обстановки, определяемые развитием аккумулятивно-денудационных процессов, сильно изменчивых по пространству и по времени. На глубинах до 20 м преобладают тонкозернистые разности осадков вплоть до типичных илов. Это связано с широким и долгим существованием ледового покрова, который существенно снижает уровень интенсивности гидро-литодинамических процессов. Широко проявляют себя процессы размыва, причем они происходят как у берегов, так и в открытой части моря. В качестве объектов размыва здесь выступают мерзлые тонкозернистые плейстоценовые породы, так называемой, “едомной” толщи.

Гравитационные процессы протекают в виде солифлюкционных потоков, которые формируются при оттаивании поверхностного слоя осадков на морском дне и “стекании” тонкозернистых водно-зерновых потоков по пологим склонам поднятий. Наличие мерзлых пород и даже предполагаемых ископаемых льдов существенно затрудняет проектирование любых инженерных объектов и требует проведения детальных инженерно-геологических изысканий. Другой отличительный признак этой области – наличие активных сейсмотектонических явлений.

Рассматриваемая область является продолжением зоны рифтинга в Северном Ледовитом океане, которая на протяжении четвертичного периода раскрывается в сторону дельты реки Лены и далее – Верхоянского хребта. Здесь зафиксировано множество сейсмических толчков, а предпола-

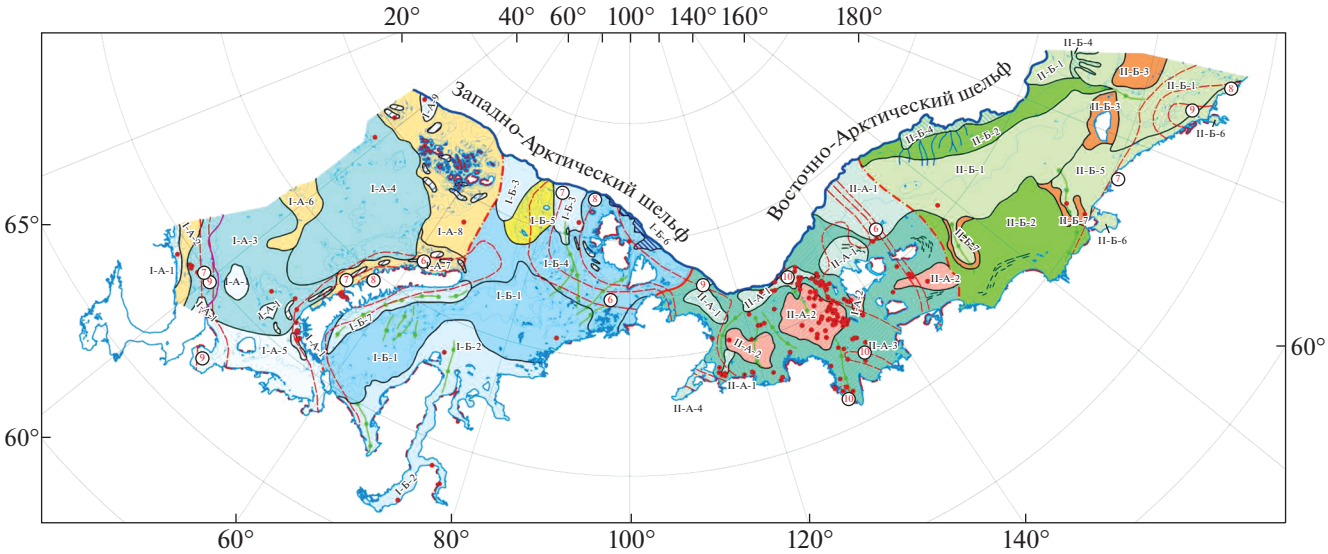

Рис. 1. Макет схемы инженерно-геологического районирования Арктического шельфа России (масштаб 1 : 15 000 000).

Рис. 2. Условные обозначения к схеме инженерно-геологического районирования Арктического шельфа России.

гаемая интенсивность землетрясений может превышать 8 баллов. Еще одной геологической опасностью является широкое развитие термоабразии берегов. Имеются представления, что в открытом море уничтожены целые острова, а на месте их былого существования в настоящее время развиты только выровненные денудационные площадки на глубинах 1–20 м. Техногенное вмешательство человека может только интенсифицировать этот процесс.

Восточносибирско-Чукотская ИГО охватывает акваторию двух морей – Восточносибирского и Чукотского и может смело относиться к числу наименее изученных. Здесь широким распространением пользуются аккумулятивные равнины, в инженерно-геологическом отношении характеризуемые относительно стабильной инженерно-геологической обстановкой, определяемой накоплением мощных покровных отложений. Эта зона характерна для средней части шельфа, а также за-

нимает большую часть Чукотского моря и опущенные участки шельфа, вблизи бровки шельфа. Инженерно-геологические обстановки с чередованием аккумулятивных и денудационных процессов протягиваются прямо из Лаптевской ИГО. При этом в прибрежной зоне, на мелководье, покрытом песками, выявлены сильные придонные течения, которые обусловливают появление зон транзитной аккумуляции в виде мегарифелей и гряд, сложенных песчаными отложениями. Особенностями этой области является наличие структурных поднятий, которые увенчаны островами Врангеля и Геральда, а также наличие широких палеодолин, прямо продолжающих русла крупных сибирских рек. Вся прибрежная зона имеет четко выраженный лагунный характер. Кроме того, как в Чукотском, так и в Восточно-Сибирском морях, пришельфовая часть имеет ступенчатый характер, а на крутых склонах, разделяющих верхнюю и нижнюю ступени рельефа, развиты каньоны, в которых действуют постоянные водно-зерновые потоки, формирующие турбидиты. Так как все эти признаки большей частью характерны для всей описываемой подводной территории, то и разделить ее в настоящее время не представляется возможным. Отсюда и ее сложное название данной, включающее название двух морей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное инженерно-геологическое районирование Арктического шельфа России позволило, несмотря на ограниченную информацию, провести комплексный анализ условий формирования инженерно-геологических условий, провести индивидуализацию и типизацию выделенных районов, дать развурнутую характеристику выделенных районов, указав главные геологические опасности для строительства и производства инженерных работ на шельфе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аветисов Г. П.* Сейсмогенные зоны Арктики. СПб: Изд-во ВНИИОГ, 1996. 183 с.
2. *Аксенов А.А., Дунаев Н.Н., Ионин А.С. и др.* Арктический шельф Евразии в позднечетвертичное время. М.: Наука, 1987. 277 с.
3. *Виноградов В.А., Горячев Ю.В., Гусев Е.А.* 2010. Сквозные структурные зоны шельф-океан Восточной Арктики // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 7. Тр. ВНИИОкеангеология. Т. 210. С. 32–47.
4. *Захаров М.С., Кобзев А.Г.* Картографический метод и геоинформационные системы в инженерной геологии. Учебное пособие. 2-е изд. СПб.: 2019. 116 с.
5. Инженерная геология СССР. Т. 1 / Под ред. И. С. Комарова, 1978. М.: Изд. МГУ, 528 с.
6. Инженерная геология СССР. Шельфы СССР / Под ред. К.И. Джангжавы, И.С. Комарова, Я.В. Неизвестнова и др., 1990. М.: Недра, 239 с.
7. Карта рельефа дна Северного Ледовитого океана, Масштаб 1 : 5 000 000 (проекция стереографическая). СПб.: ГУНиО МО, ВНИИОкеангеология, РАН. 1998.
8. *Матишов Г.Г.* Дно океана в ледниковый период. Л.: Наука, 1984. 176 с.
9. *Миронюк С.Г.* Учет палеогеографических условий при выполнении инженерных изысканий на шельфе западного сектора Российской Арктики. / Инженерные изыскания. 2015. № 7. С. 28–38
10. *Миронюк С.Г., Иванова А.А.* Микро- и мезорельеф гляциального шельфа Баренцева и Карского морей в свете новых данных // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2018. № 76. С. 41–58.
11. *Нарышкин Г.Д.* Рельеф дна Арктического бассейна: автореф. дисс. ... док. географ. наук. М.: ВНИИОкеангеология, 2001. 47 с.
12. *Павлидис Ю.А., Ионин А.С., Щербаков Ф.А.* Арктический шельф. Позднечетвертичная история как основа прогноза развития. М.: ГЕОС. 1998. 184 с.
13. *Попов И.В., Кац Р.С., Кориковская А.К., Лазарева В.П.* Методика составления инженерно-геологических карт. М.: Изд. геол. литературы,1950. 45 с.
14. *Попов И.В.* Инженерная геология СССР. Ч. 1: Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд. МГУ, 1961. 178 с.

ENGINEERING GEOLOGICAL ZONING OF THE RUSSIAN ARCTIC SHELF

A. E. Rybalko[a,b,c,#], M. S. Zakharov[a,##], V. A. Shcherbakov[a,###], and A. V. Loktev[a,c,####]

[a] *Gramberg All-Russian Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean (FSBI "VNIIOkeangeologia"), Angliyskiy pr. 1, St. Petersburg, 190121 Russia*

[b] *Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University V.O.10th line 31–33, St. Petersburg, 190000 Russia*

[c] *Center for Marine Research, Lomonosov Moscow State University Lenininskie Gory 1, bld. 77, Moscow, 119992 Russia*

[#] *E-mail: alek-rybalko@yandex.ru*

[##] *E-mail: zhmike@mail.ru*

[###] *E-mail: victor-shcherbakov@mail.ru*

[####] *E-mail: andreiloktev@gmail.com*

This paper reviews methodical principles of engineering geological zoning and scale taxonomic units of zoning, analyzes the main factors determining the engineering geological environment in various parts of the Arctic shelf, presents a schematic map of engineering geological zoning of the Russian Arctic shelf on scale 1 : 15 000 000. The generalizing characteristics of engineering geological condition within the selected areas are given.

Keywords: *engineering geological zoning*, *Arctic shelf*, *engineering geological region*, *area*, *district*, *historical and genetic justification of zoning*, *taxonomy and typology of engineering geological conditions*

REFERENCES

1. Avetisov, G.P. *Seismogennye zony Arktiki* [Seismogenic zones in the Arctic]. St. Petersburg, VNIIOG Publ., 183 p. (in Russian)
2. Aksenov, A.A., Dunaev, N.N., Ionin, A.S. et al. *Arkticheskii shel'f Evrazii v pozdnechetvertichnoe vremya* [The Arctic shelf of Eurasia in the late Quaternary]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 277 p. (in Russian)
3. Vinogradov, V. A., Goryachev, Yu. V., Gusev, E.A. *Skvoznye strukturnye zony shel'f-okean Vostochnoi Arktiki* [Through structural zones of the shelf-ocean of the Eastern Arctic]. Geological and geophysical characteristics of the Arctic region lithosphere. Proc. VNIIOceangeologiya, 2010. Iss. 7. V. 210. P. 32-47 (in Russian)
4. Zakharov, M. S., Kobzev, A. G. *Kartograficheskii metod i geoinformatsionnye sistemy v inzhenernoi geologii* [Cartographic method and geographic information systems in engineering geology]. St. Petersburg, 2019, 116 p. (in Russian)
5. *Inzhenernaya geologiya SSSR. T.1* [Engineering geology of the USSR. Volume 1]. Komarov, I.S., Ed., Moscow, MGU Publ., 1978, 528 p. (in Russian)
6. *Inzhenernaya geologiya SSSR. Shel'fy SSSR* [Engineering geology of the USSR. Shelfs]. Dzhandzhgava, K.I., Komarov, I.S., Neisvestnov, Ya.V., Eds. Moscow, Nedra Publ., 1990, 239 p. (in Russian)
7. *Karta rel'efa dna Severnogo Ledovitogo okeana* [Map of the bottom topography of the Arctic Ocean]. Scale 1 : 5 000 000, stereographic projection. St. Petersburg, GUNiO MO, VNIIOkeangeologiya, RAS, 1998. (in Russian)
8. Matishov, G.G. *Dno okeana v lednikovyi period* [Ocean bed in the ice age]. Leningrad: Nauka, 1984, 176 p. (in Russian)
9. Mironyuk, S.G. *Uchet paleogeograficheskikh uslovii pri vypolnenii inzhenernykh izyskanii na shel'fe zapadnogo sektora Rossiiskoi Arktiki* [Accounting for paleogeographic conditions upon engineering survey on the shelf of the western sector of the Russian Arctic]. *Inzhenernye izyskaniya,* 2015. № 7. P. 25–38 (in Russian)
10. Mironyuk, S. G., Ivanova, A.A. *Mikro- i mezorel'ef glyatsial'nogo shel'fa Barentseva i Karskogo morei v svete novykh dannykh* [Micro- and mesorelief of the glacial shelf of the Barents and Kara Seas in the light of new data]. *Byulleten komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*, 2018. № 76. P. 41–58 (in Russian)
11. Naryshkin, G.D. *Rel'ef dna Arkticheskogo basseina* [The bottom topography of the Arctic basin]. Extended Abstract of Doctoral (Geogr.) diss. Moscow, VNIIOkeangeologiya, 2001, 47 p. (in Russian)
12. Pavlidis, Yu. A. Ionin, A.S., Shcherbakov, F.A. *Arkticheskii shel'f. Pozdnechetvertichnaya istoriya kak osnova prognoza razvitiya* [Arctic shelf. Late Quaternary history as a basis for development forecast]. Moscow, GEOS, 1998, 184 p. (in Russian)
13. Popov, I.V., Katz, R.S., Korikovskaya, A.K., Lazareva, V.P. *Metodika sostavleniya inzhenerno-geologicheskikh kart* [Method for compiling engineering geological maps.] Moscow, Izd. Geol. Literatury, 1950, 45 p. (in Russian)
14. Popov, I.V. *Inzhenernaya geologiya SSSR. Ch.1: Obshchii osnovy regionalnoy inzhenernoy geologii* [Engineering geology of the USSR. Part 1: General principles of regional engineering geology] Moscow, MGU Publ., 1961, 478 p. (in Russian)