

РАСКРЫТИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СВОЙСТВАМИ МОРСКОЙ ВОДЫ И ДОБЫЧЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ СО ДНА АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

Я.Е. Линьков, В.Е. Кисляков, А.К. Кирсанов, П.В. Катышев,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Аннотация: На фоне наличия огромных запасов полезных ископаемых, сосредоточенных в арктической зоне, важно не упустить из виду месторождения, скрытые под поверхностью воды, ведь истинный ресурсный потенциал Крайнего Севера распространяется и на арктический шельф. В этой связи актуальной становится задача по изучению сложной взаимосвязи между свойствами морской воды и добычей твердых полезных ископаемых со дна арктического шельфа. В данной работе рассмотрены закономерности изменения температуры и солености воды в северных морях России, а также представлены результаты комплексного анализа этих параметров на различных глубинах. В исследовании подчеркивается практическая значимость полученных результатов для развития технологий добычи твердых полезных ископаемых подводным способом. Результаты исследования могут быть использованы научным сообществом в качестве информационного источника.

Ключевые слова: арктический шельф, подводная добыча, добыча полезных ископаемых, свойства морской воды, температура морской воды, соленость морской воды.

Для цитирования: Линьков Я. Е., Кисляков В. Е., Кирсанов А. К., Катышев П. В. Раскрытие взаимосвязи между свойствами морской воды и добычей полезных ископаемых со дна Арктического шельфа // Маркшейдерия и недропользование. 2024. №1. С. 10-16. DOI: 10.56195/20793332_2024_1_10_16.

UNCOVERING THE RELATIONSHIP BETWEEN SEAWATER PROPERTIES AND MINERAL EXTRACTION FROM THE ARCTIC SHELF FLOOR

Ya.E. Linkov, V.E. Kislyakov, A.K. Kirsanov, P.V. Katyshev,
Siberian Federal University, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education, Krasnoyarsk, Russia

Abstract: Against the background of huge mineral reserves concentrated in the Arctic zone, it is important not to overlook the deposits hidden beneath the water surface, because the true resource potential of the Far North extends to the Arctic shelf. In this regard, the task of studying the complex relationship between the properties of seawater and the extraction of solid minerals from the bottom of the Arctic shelf becomes relevant. This paper considers the regularities of changes in water temperature and salinity in the northern seas of Russia and presents the results of complex analysis of these parameters at different depths. The study emphasizes the practical significance of the results obtained for the development of technologies for the extraction of solid minerals underwater. The results of the study can be used by the scientific community as an information source.

Keywords: arctic shelf, underwater mining, mineral extraction, seawater properties, seawater temperature, seawater salinity.

For citation: Linkov Ya.E., Kislyakov V.E., Kirsanov A.K., Katyshev P.V. Uncovering the relationship between seawater properties and mineral extraction from the Arctic shelf floor. Surveying and subsoil use. 2024;(1):10-16.(In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_1_10_16.

В последние десятилетия район Крайнего Севера привлекает повышенное внимание не только ледяными ландшафтами или редким животным миром, но и скрывающимися под морской толщей воды полезными ископаемыми, имеющими важное экономическое и стратегическое значение для любого государства [1-6]. Добыча этих ценных ресурсов со дна арктического шельфа сопряжена с трудностями, основные из которых связаны именно со свойствами самой воды — ее температурой и соленостью.

Влияние указанных свойств морской воды распространяется на инженерные, экологические и, как следствие, эконо-

мические аспекты подводной добычи [7, 8]. Данные параметры можно охарактеризовать как динамические переменные, способные в долгосрочной перспективе существенно влиять на технологию добычи твердых полезных ископаемых со дна континентального шельфа.

Таким образом, в данной работе авторами рассмотрены взаимосвязи, подчеркивающие важность учета этих свойств воды при разработке подводных месторождений.

Цель исследования: изучение и конкретизация взаимосвязи свойств морской воды (в частности, температуры и солености) с процессами добычи твердых полезных ископаемых.

мых со дна арктического шельфа. Комплексный анализ данных свойств позволит создать научную основу для понимания того, как различные вариации свойств морской воды могут влиять на технологические аспекты добычи твердых полезных ископаемых в Арктическом регионе.

Методология

Исследование проводилось на основе данных межведомственной федеральной системы «Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане» (ЕСИМО), представленных на одноименном портале. Операторами ЕСИМО являются 17 центров и 20 поставщиков информации системы, представляющие МИД России, МЧС России, Минобороны России, Минобрнауки России, Минприроды России, Росгидромет, Минпромторг России, Минтранс России, Минэнерго России, Роскосмос, Росрыболовство и Российскую академию наук.

На рассматриваемом портале были проанализированы материалы шести электронных атласов морей Арктической зоны омывающих берега Российской Федерации: «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. Белое море»; «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. Баренцево море»; «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. Карское море»; «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. море Лаптевых»; «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. Восточно-Сибирское море»; «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. Чукотское море» [9–14]. Эти материалы представляют собой режимно-справочные пособия, содержащие исчерпывающую информацию о климатических характеристиках морской среды. При составлении атласов использовались оригинальные отечественные и зарубежные данные гидрометеорологических наблюдений, накопленных в Госфонде ГУ «ВНИИГМИ-МЦД» за многолетний период. Кроме того, в атласы включены данные, полученные в рамках проектов 4-го направления ЕСИМО ФЦП «Мировой океан» за 1999–2006 годы.

Непосредственно авторами проанализированы результаты расчетов климатических характеристик морской среды открытого моря с приведением карт расчетных гидрометеорологических и океанографических полей на поверхности моря и на отдельных горизонтах наблюдений, где в табличном виде по всем одноградусным квадратам и станциям вековых разрезов приводится статистика среднемесячных экстремальных значений параметров на стандартных горизонтах.

Для получения статистических характеристик изменчивости гидрометеорологического режима моря, помещаемых в атлас, использовались стандартные методики и алгоритмы, применяемые в практике климатических расчетов.

В материалы атласов включен комплект таблиц со статистическими расчетами климатических характеристик морской среды морей.

По содержанию эти таблицы делятся на две категории:

1. Таблицы основных статистик (средние и экстремальные значения параметров за многолетние месяцы и годы с указанием дат экстремумов и квартильные оценки функции распределения).

2. Таблицы повторяемости значений параметров.

В заголовках всех таблиц указаны периоды и общее количество наблюдений, на основе которых проведены статистические расчеты.

Таблицы средних, экстремальных значений параметров и квартильных оценок функции распределения за многолетние месяцы и годы выполнены:

- ✦ для береговых ГМС (гидрометеостанций) расчет таблиц проводился по месячным рядам четырех срочных прибрежных данных, накопленных за весь период наблюдений;
- ✦ для океанографических станций вековых разрезов расчеты велись по рядам данных, сформированным по наблюдениям в постоянных точках морей за весь временной период;
- ✦ для акватории открытого моря основные статистические характеристики вычислялись по рядам данных глубоководных наблюдений, накопленным по одноградусным квадратам Марсдена за весь период наблюдений.

Непосредственные исследования выполнены на основе зависимостей средних арифметических значений, которые определялись стандартным образом как сумма всех значений, деленная на количество значений.

Схема расчета среднего для атласа: определение средне-суточных значений по срочным данным — вычисление средне-месячных значений по среднесуточным данным — расчет многолетних среднемесячных значений по среднемесячным данным — определение среднегодовых значений по средне-месячным данным — расчет значений среднемноголетнего года по среднегодовым данным.

Результаты и обсуждение

При планировании отработки месторождений со дна арктического шельфа учет таких свойств морской воды, как соленость и температура, является одним из основополагающих. Данные факторы окружающей среды непосредственно влияют на используемые материалы конструкций для подводной инфраструктуры и производительность добычного оборудования. Так, например, рассматриваемые свойства могут оказывать существенное влияние на прочность материалов — коррозионную стойкость и эффективность процессов теплообмена, что в конечном итоге может привести к частичному или полному разрушению подводных конструкций и аппаратов.

Ниже рассмотрены зависимости, полученные в результате обработки данных некоторых климатических характеристиках морской воды: температуры и солености. Этот обширный массив данных является основой нашего анализа и охватывает климатические характеристики Белого, Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Опираясь на этот обширный массив информации, выявили закономерности, тенденции и зависимости, которые могут иметь далеко идущие последствия для понимания арктической морской среды.

Температура морской воды

Температура морской воды — параметр, изменяющийся в зависимости от географического расположения, времени года и глубины, оказывающий значительное влияние на поведение морских обитателей, процессы теплообмена и множество океанографических явлений [15, 16].

В контексте потенциальной отработки месторождений полезных ископаемых со дна арктического шельфа температура воды может вызывать следующие сложности:

- ✧ образование ледяного покрова на поверхности акватории, который в свою очередь будет препятствовать судоходству;
- ✧ снижение эффективности и сбои в работе гидравлических частей управления подводного оборудования;
- ✧ замедление естественных процессов рассеивания взвеси, что может оказать влияние на местную экосистему.

Взаимосвязь между температурой морской воды и глубиной является одним из основополагающих принципов океанографии.

На рисунке 1 отображена динамика изменения температуры в зависимости от глубины ее измерения.

Анализируя полученные графики, можно заметить, что в мелководных районах сезонные колебания температуры более выражены, что обусловлено непосредственным влиянием поверхностных условий, включая солнечную радиацию и температуру воздуха (рис. 1 а, б, в). По мере опускания на большие глубины очевидным становится буферный эффект обширной толщи воды, выступающей в качестве тепло-

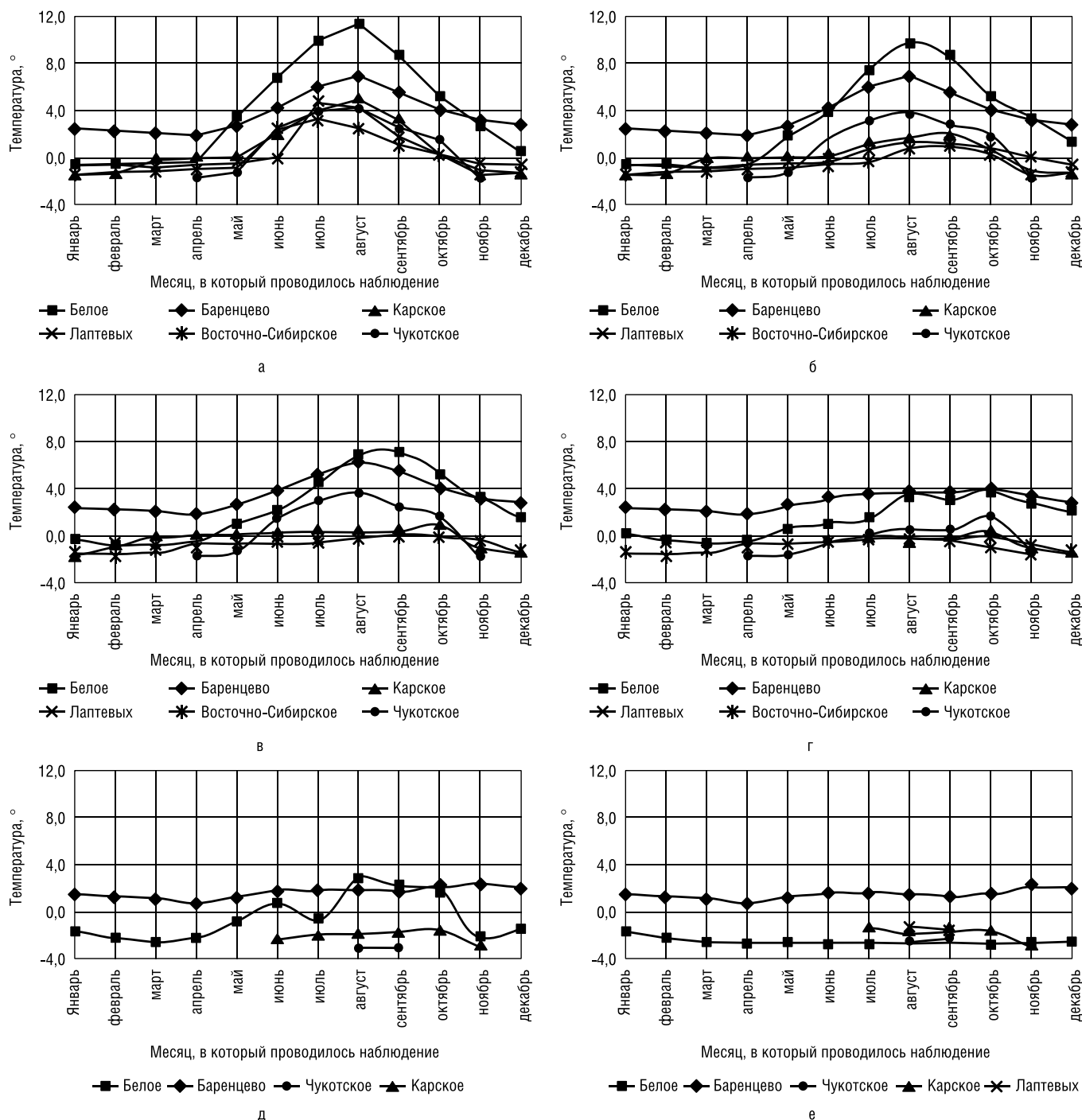


Рис. 1. Зависимость температуры морской воды от ее глубины: а - горизонт изменения температуры 0 м; б - горизонт изменения температуры 10 м; в - горизонт изменения температуры 20 м; г - горизонт изменения температуры 50 м; д - горизонт изменения температуры 100 м; е - горизонт изменения температуры 150 м

Fig. 1. Dependence of seawater temperature on its depth: а - horizon of temperature change 0 m;

б - horizon of temperature change 10 m; в - horizon of temperature change 20 m; г - horizon of temperature change 50 m; д - horizon of temperature change 100 m; е - horizon of temperature change 150 m

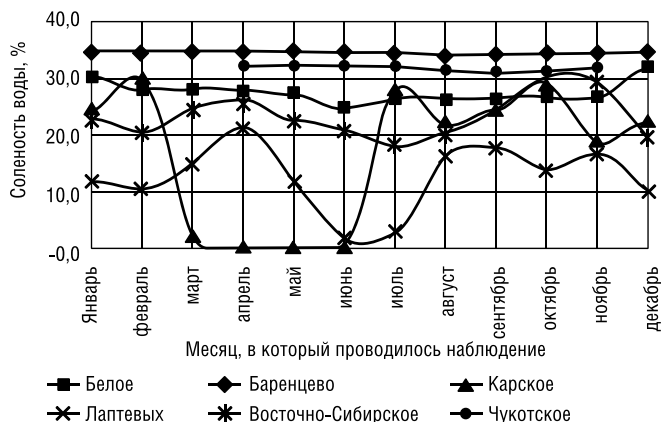
вого резервуара, ослабляющего влияние внешних температурных колебаний (рис. 1 г, д, е).

В контексте подводных горных работ, в частности добычи твердых полезных ископаемых, этот вывод имеет практическое значение: стабильность температуры на больших глубинах может упростить некоторые аспекты подводно-технических работ и транспортировки материалов, поскольку снижает необходимость учета значительных температурных колебаний. Это также может повлиять на конструкцию оборудования и используемой инфраструктуры, чтобы обеспе-

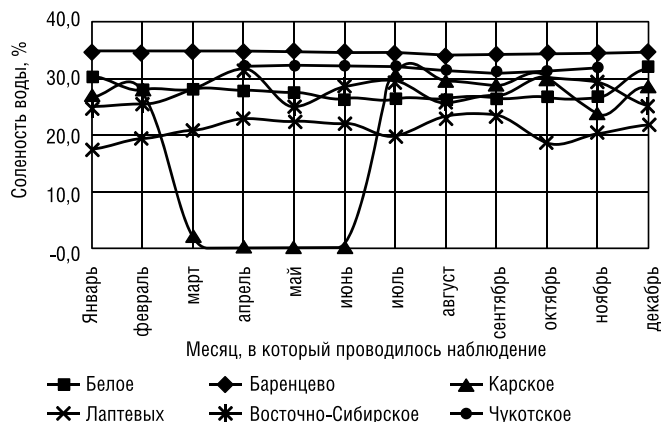
чить их соответствие специфическим условиям определенных глубин.

Соленость морской воды

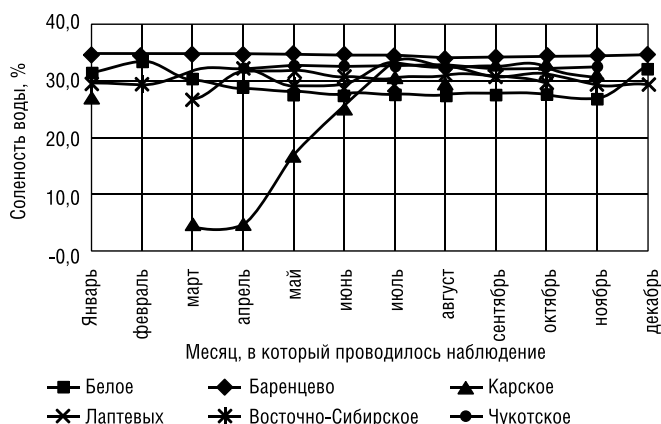
Соленость играет ключевую роль в формировании морской среды и динамики глобальной климатической системы [17, 18]. Она представляет собой концентрацию растворенных в океане солей и ионов, а ее изменение с глубиной является ключевым фактором, определяющим океаническую циркуляцию, экологические закономерности и физические свойства морской воды.



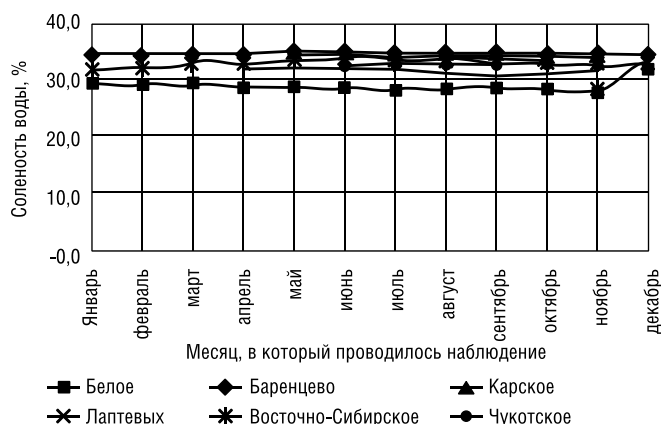
а



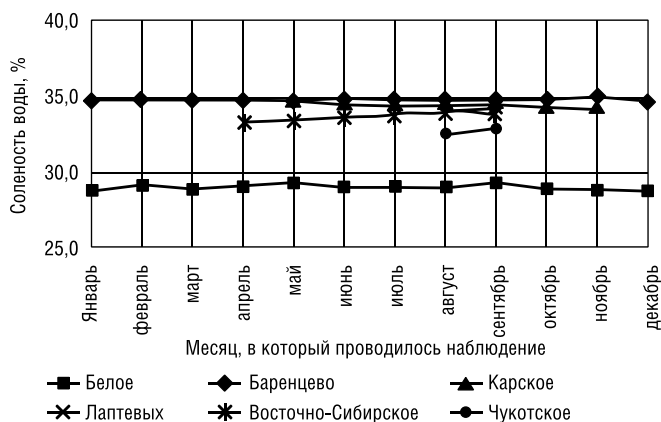
б



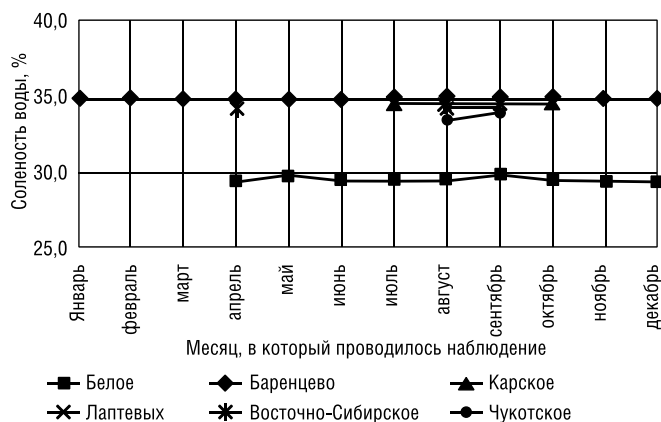
в



г



д



е

Рис. 2. Зависимость солености морской воды от ее глубины: а - горизонт изменения солености 0 м; б - горизонт изменения солености 10 м; в - горизонт изменения солености 20 м; г - горизонт изменения солености 50 м; д - горизонт изменения солености 100 м; е - горизонт изменения солености 150 м

Fig. 2. Dependence of sea water salinity on its depth: а - horizon of salinity change 0 m; б - horizon of salinity change 10 m; в - horizon of salinity change 20 m; г - horizon of salinity change 50 m; д - horizon of salinity change 100 m; е - horizon of salinity change 150 m

Соленость арктических морских вод, которая может изменяться под воздействием таких факторов, как поступление пресной воды из тающих льдов, речной сток, выпадение осадков и др., способна оказывать ряд важных воздействий на работы по извлечению твердых полезных ископаемых со дна арктического шельфа:

- ✧ в акваториях, где преобладает вода с высокой соленостью, она более плотная, что может повлиять на плавучесть и устойчивость подводного добычного оборудования. При проектировании и развертывании различного рода подводных аппаратов горнодобывающим компаниям потребуется учитывать этот показатель;
- ✧ повышение солености морской воды может привести к увеличению ее коррозионного потенциала. Это представляет собой проблему для подводного оборудования и инфраструктуры, поскольку может привести к ускоренной коррозии металлических элементов.

На *рисунке 2* продемонстрирована сложная взаимосвязь между соленостью морской воды и глубиной ее измерения. Данные графики дают ценное представление о вертикальном распределении солености в рассматриваемых морях.

Так, например, можно заметить, что в отличие от мелководных районов Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей, где соленость может испытывать более выраженные сезонные колебания (*рис. 2 а, б, в*), глубинные измерения демонстрируют более постоянные и устойчивые солевые концентрации (*рис. 2 г, д, е*). Относительное постоянство уровня солености, наблюдаемое в Баренцевом, Чукотском и Белом морях в разные месяцы, предположительно объясняется уникальными географическими и гидрологическими характеристиками (наличие большого числа источников пресной воды, низкая интенсивность испарения, особенность циркуляции водных потоков, география местности и т. д.).

Анализируя информацию, можно заметить, что вне зависимости от географического положения моря, наличия пресных источников воды, сезона измерений в акватории на глубинах 50-150 м наблюдаются стабильные показатели солености в диапазоне 29-35 ‰.

В контексте подводных горных работ, в частности добычи твердых полезных ископаемых, этот вывод имеет практическое значение: постоянная соленость означает условно-постоянные показатели плотности морской воды, а следовательно, силы, действующей на погруженные тела.

Заключение

Представленные выше зависимости изменения температуры и солености морской воды от глубины измерения и се-

зонности дают ценное представление о некоторых аспектах потенциальной добычи твердых полезных ископаемых со дна арктического шельфа. Полученная на основе этих взаимосвязей информация имеет не только академическое, но и практическое значение для различных отраслей, включая подводную добычу ресурсов, охрану морской среды и моделирование климата.

Результаты исследования могут стать стимулом к дополнительному изучению целого ряда направлений от изучения последствий изменения климата до устойчивости арктических экосистем, совершенствования технологий и методов сбора данных, а также рационального управления природными ресурсами, находящимися в глубинах арктического шельфа. Данные работы выходят за рамки научных дисциплин, подчеркивая необходимость междисциплинарного сотрудничества для решения сложных проблем этого региона.

Следует отметить, что для освоения природных ресурсов арктического шельфа нельзя обойтись без разработки современных технологий, учитывающих все многообразие проблем этого сурового региона, а также передового научно-производственного опыта. Разрабатываемые технологии и оборудование для подводной добычи твердых полезных ископаемых должны опираться на мониторинг основных свойств воды, в которых предполагается их использование; на изучение влияния происходящих климатических изменений; на оценку возможных экологических последствий от такого рода деятельности, а также на разрабатываемые инновационные подводные аппараты и платформы.

Выводы

1. Исследование выявило четкое разграничение температуры морской воды от глубины и времени года, когда производилось это измерение. Глубокие слои рассматриваемых морей характеризуются более стабильными температурными условиями с минимальными сезонными колебаниями. В таких условиях технологические процессы при ведении добычных работ будут протекать значительно ритмичнее, нежели в приповерхностных слоях береговой зоны шельфа, что благоприятно скажется на производительности.

2. В таких морях, как Баренцево, Чукотское и Белое, уровень солености отличается значительной равномерностью в течение всего года. Стабильные условия солености упрощают проектирование горнодобывающих предприятий (выбор оборудования и материалов, из которых его изготавливают) и непосредственно некоторые виды подводно-технических работ.

3. Понимание взаимосвязи между свойствами морской воды и осуществлением подводной разработки твердых полезных ископаемых является необходимым условием рационального управления ресурсами. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратьев, В.Б. Минеральные ресурсы и будущее Арктики / В. Б. Кондратьев // Горная промышленность. - 2020. - № 1. - С. 87-96. - DOI 10.30686/1609-9192-2020-1-87-96.
2. Substantiation of the technology of mineral extraction from the bottom of the continental shelf with an autonomous underwater vehicle / V.E. Kislyakov, P.V. Katyshev, Ya.E. Linkov [et al.] // Journal of Degraded and Mining Lands Management. - 2023. - Vol. 10, № 4. - P. 4729-4736. - DOI: 10.15243/jdmlm.2023.104.4729.
3. Современное ресурсное состояние и перспективы освоения МСБ шельфовой области Российской Арктики / В.Д. Каминский, О.И. Супруненко, А.Н. Смирнов [и др.] // Разведка и охрана недр. - 2016. - № 9. - С. 136-142.

4. Каминский, В.Д. Минерально-сырьевая база шельфовых областей России / В.Д. Каминский, А.М. Иванова, Т.Ю. Медведева // Горный журнал. - 2009. - № 3. - С. 40-48.
5. Белов, С.В. Пространственная организация регионального хозяйства при освоении твердых полезных ископаемых в западной части Арктики / С.В. Белов // Экономика и предпринимательство. - 2022. - № 7 (144). - С. 565-570. - DOI: 10.34925/EIP.2022.144.7.106.
6. Кириченко, Ю.В. История и перспективы развития глубоководной добычи твердых полезных ископаемых / Ю.В. Кириченко, А.С. Каширский // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2015. - № 11. - С. 123-134.
7. Deep-ocean temperature variations and implications for errors in seafloor heat flow determinations / E.E. Davis, K. Wang, K. Becker [et al.] // Journal of Geophysical Research: Solid Earth. - 2003. - Vol. 108, № 11. - DOI: 10.1029/2001jb001695.
8. Deep seabed mining: Frontiers in engineering geology and environment / X. Guo, N. Fan, Y. Liu [et al.] // International Journal of Coal Science & Technology. - 2023. - № 10. - P. 23. - DOI: 10.1007/s40789-023-00580-x.
9. Белое море - Общие сведения // Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Beloe/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
10. Баренцево море - Общие сведения [Электронный ресурс] // Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане. - URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Bar/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
11. Карское море - Общие сведения [Электронный ресурс] // Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане. - URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Karsk/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
12. Море Лаптевых - Общие сведения [Электронный ресурс] // Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане. - URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Laptevix/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
13. Восточно-Сибирское море - Общие сведения [Электронный ресурс] // Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане. - URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Vost-sib/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
14. Чукотское море - Общие сведения [Электронный ресурс] // Единая государственная система информации об обстановке в мировом океане. - URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Chyk/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
15. An overview of ocean climate change indicators: sea surface temperature, ocean heat content, ocean pH, dissolved oxygen concentration, Arctic Sea ice extent, thickness and volume, sea level and strength of the AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation) / C. Garcia-Soto, L. Cheng, L. Caesar [et al.] // Frontiers in Marine Science. - 2021. - Vol. 8. - P. 642372. - DOI: 10.3389/fmars.2021.642372.
16. Venegas, R.M. Three decades of ocean warming impacts on marine ecosystems: A review and perspective / R.M. Venegas, J. Acevedo, E.A. Tremblé // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. - 2023. - Vol. 212. - P. 105318. - DOI: 10.1016/j.dsr2.2023.105318.
17. Human-induced salinity changes impact marine organisms and ecosystems / T. Rothig, S.M. Trevathan-Tackett, C.R. Voolstra [et al.] // Global Change Biology. - 2023. - Vol. 29, № 17. - P. 4731-4749. - DOI: 10.1111/gcb.16859.
18. The effect of ocean salinity on climate and its implications for Earth's habitability / S. Olson, M.F. Jansen, D.S. Abbot [et al.] // Geophysical Research Letters. - 2022. - Vol. 49, № 10. - P. 2021GL095748. - DOI: 10.1029/2021GL095748.

REFERENCES

1. Kondratiev VB. Mineral resources and the future of the Arctic. *Mining Industry Journal*. 2020;1:87-96. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-1-87-96. (In Russ.).
2. Kislyakov VE, Katyshev PV, Linkov YaE et al. Substantiation of the technology of mineral extraction from the bottom of the continental shelf with an autonomous underwater vehicle. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2023;10(4):4729-4736. DOI: 10.15243/jdmlm.2023.104.4729.
3. Kaminskii VD, Suprunenko OI, Smirnov AN et al. Current resource state and prospects for the development of the mineral resource base in the shelf region of the Russian Arctic. *Prospect and Protection of Mineral Resources*. 2016;9:136-142. (In Russ.).
4. Kaminskii VD, Ivanova AM, Medvedeva TYu et al. Mineral resource base of the shelf regions of Russia. *Mining Journal*. 2009;3:40-48. (In Russ.).
5. Belov SV. Spatial organization of regional economy in the development of solid mineral resources in the western part of the Arctic. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2022;7(144):565-570. DOI: 10.34925/EIP.2022.144.7.106. (In Russ.).
6. Kirichenko YuV., Kashirskii AS. History and development prospects of the deep-sea mining of solid mineral resources. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2015;11:123-134. (In Russ.).
7. Davis EE, Wang K, Becker K et al. Deep-ocean temperature variations and implications for errors in seafloor heat flow determinations. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 2003;108(11). DOI: 10.1029/2001JB001695.
8. Guo X, Fan N, Liu Y et al. Deep seabed mining: Frontiers in engineering geology and environment. *International Journal of Coal Science & Technology*. 2023;10:23. DOI: 10.1007/s40789-023-00580-x.
9. White Sea - General Information. *Unified State Ocean Information System*. <http://www.esimo.ru/atlas/Beloe/index.html>. (In Russ.).
10. Barents Sea - General Information. *Unified State Ocean Information System*. <http://www.esimo.ru/atlas/Bar/index.html>. (In Russ.).
11. Red Sea - General information. *Unified State Ocean Information System*. <http://www.esimo.ru/atlas/Karsk/index.html>. (In Russ.).
12. Laptev Sea - General information. *Unified State Ocean Information System*. <http://www.esimo.ru/atlas/Laptevix/index.html>. (In Russ.).
13. East Siberian Sea - General information. *Unified State Ocean Information System*. <http://www.esimo.ru/atlas/Vost-sib/index.html>. (In Russ.).
14. Chukchi Sea - General information // *Unified State Ocean Information System*. <http://www.esimo.ru/atlas/Chyk/index.html>. (In Russ.).
15. Garcia-Soto C, Cheng L, Caesar L et al. An overview of ocean climate change indicators: sea surface temperature, ocean heat content, ocean pH, dissolved oxygen concentration, Arctic Sea ice extent, thickness and volume, sea level and strength of the AMOC (Atlantic Meridional Overturning Circulation). *Frontiers in Marine Science*. 2021;8:642372. DOI: 10.3389/fmars.2021.642372.
16. Venegas RM, Acevedo J, Tremblé EA. Three decades of ocean warming impacts on marine ecosystems: A review and perspective. *Deep Sea Research. Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2023;212:105318. DOI: 10.1016/j.dsr2.2023.105318.

17. Rothig T, Trevathan-Tackett SM, Voolstra CR et al. Human-induced salinity changes impact marine organisms and ecosystems. *Global Change Biology*. 2023;29(17):4731-4749. DOI: 10.1111/gcb.16859.
18. Olson S, Jansen MF, Abbot DS et al. The effect of ocean salinity on climate and its implications for Earth's habitability. *Geophysical Research Letters*. 2022;49(10):2021GL095748. DOI: 10.1029/2021GL095748.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Линьков Ярослав Евгеньевич:
аспирант,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск, Россия,
e-mail: Flash198@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Linkov Yaroslav Evgenievich:
post-graduate student,
Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia,
e-mail: Flash198@mail.ru



Кисляков Виктор Евгеньевич:
доктор технических наук,
профессор,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск, Россия,
e-mail: VKislyakov@sfu-kras.ru

Kislyakov Victor Evgenyevich:
doctor of engineering sciences,
professor,
Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia,
e-mail: VKislyakov@sfu-kras.ru



Курсанов Александр Константинович:
кандидат технических наук,
доцент,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск, Россия,
e-mail: AKirsanov@sfu-kras.ru

Kirsanov Aleksandr Konstantinovich:
candidate of technical sciences,
associate professor,
Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia,
e-mail: AKirsanov@sfu-kras.ru



Катышев Павел Викторович:
кандидат технических наук,
доцент,
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
г. Красноярск, Россия,
e-mail: PKatyshev@sfu-kras.ru

Katyshev Pavel Viktorovich:
candidate of technical sciences,
associate professor,
Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, Russia,
e-mail: PKatyshev@sfu-kras.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ «ПЛАНЕТА»

Минералогический Музей «Планета» это первый и единственный в России музей частных коллекций.

Залы: Зал 1. "Минералы Урала"
Зал 2. "Минералы России и мира"
Зал 3. "Минералы России и мира"
Зал 4. Флюоресцирующие минералы
Зал 5. Зал палеонтологии
Зал 6. Комната ценностей

Контакты: Екатеринбург, ул. Чернышевского, 7. +7 (343) 287-71-10
СР-ВС: 11:00-19:00 | ПН-ВТ: ВЫХОДНОЙ

WWW.N-GN.RU

