

# БИОРАЗНООБРАЗИЕ И БИОГЕОГРАФИЯ ЛАНДШАФТОВ

---

УДК 911.2

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-22-33

## КОРМОВАЯ БАЗА ОХОТО-КОРЕЙСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ СЕРЫХ КИТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И КЛИМАТА

**Беловодова О. С.**

*Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова  
19234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация*

### **Аннотация**

**Цель.** Выявить зависимости многолетней динамики амфиподов вида Ampeliscaidae от совместного влияния загрязнения нефтеуглеводородами нагульного района охото-корейской популяции серых китов и повышения температуры воды.

**Процедура и методы.** Изучены научные работы о численности и поведении серых китов в современных условиях, характеризующихся негативным антропогенным воздействием на водные экосистемы Охотского моря, а также производственные отчёты нефтяных компаний. Проанализированы динамика температуры поверхностных водных масс и концентрация нефтеуглеводородов. Сделана оценка корреляционных связей между нефтяным загрязнением, изменением температуры воды и численностью амфиподов. Анализ корреляционных связей проведён посредством корреляционного коэффициента Пирсона, который позволяет определить пропорциональность изменчивости двух переменных в одной выборке.

**Результаты.** Изменение климата наряду с загрязнением окружающей среды могут синергетически воздействовать на организмы, усиливая неблагоприятные последствия не только на кормовую базу серого кита, но и на экосистему в целом. На основе статистических данных из производственных отчётов выявлена корреляция между многолетней динамикой температуры воды, нефтяным загрязнением нагульного района китов и численностью амфиподов. Анализ показал значимую корреляцию как с динамикой температур, так и с изменением концентрации нефтеуглеводородов.

**Теоретическая и/или практическая значимость.** Полученные данные могут быть использованы для обоснования необходимого смягчения антропогенного воздействия на экосистемы акватории, которые являются местами нагулов для редких видов. Статья значима для дальнейшей разработки природоохранных рекомендаций для нефтяных компаний, ведущих деятельность в данном районе.

**Ключевые слова:** серый кит, кормовые ресурсы, амфиподы, потепление климата, нефтяное загрязнение, нагульный район, Охотское море

---

© СС ВУ Беловодова О. С., 2021.

## FOOD BASE OF THE OKHOTSK-KOREAN GRAY WHALE POPULATION UNDER CONDITIONS OF ENVIRONMENTAL AND CLIMATE CHANGE

*O. Belovodova*

*Lomonosov Moscow State University  
Leninskie Gory 1, Moscow 119234, Russian Federation*

### **Abstract**

**Aim.** The purpose is to reveal the dependence of the long-term dynamics of the *Ampeliscidae* on the combined effect of pollution of the feeding area of the Okhotsk-Korean gray whale population by oil hydrocarbons and temperature rise.

**Methodology.** We have studied research papers on the number and behavior of gray whales under anthropogenic impact, as well as production reports of oil companies. The dynamics of the temperature of surface water masses and the concentration of petroleum hydrocarbons are analyzed. Correlations between oil pollution, temperature changes and the number of amphipods are assessed. The analysis of correlations is performed using the Pearson correlation coefficient, which makes it possible to determine the proportionality of the variability of two variables in one sample.

**Results.** Climate change, along with environmental pollution, can synergistically affect organisms, increasing the adverse effects not only on the food supply of the gray whale, but also on the ecosystem as a whole. On the basis of statistical data from production reports, a correlation has been revealed between long-term temperature dynamics, oil pollution of the whale feeding area and the number of amphipods. The analysis shows a significant correlation with both the temperature dynamics and the change in the concentration of petroleum hydrocarbons.

**Research implications.** The obtained data can be used to substantiate the necessary mitigation of anthropogenic impact on the ecosystems of the water area, which are feeding grounds for rare species. The paper is significant for the further development of environmental protection recommendations for oil companies operating in the area.

**Keywords:** gray whale, food resources, amphipod, climate warming, oil pollution, feeding area, Okhotsk Sea

### **Введение**

В акватории Охотского моря наблюдаются изменения, связанные с сокращением морского льда, положительной динамикой температур и повышенной антропогенной активностью [20; 24]. Положительная динамика температур и загрязнение нефтеуглеводородами могут оказать синергетический эффект, выходящий за рамки влияния отдельных факторов стресса на живые организмы. Умеренное повышение температуры воды акватории Охотского моря усиливает неблагоприятное воздействие загрязнения нефтяными углеводородами даже в малых или незначительных концентрациях, что может иметь потенциальные последствия на уровне популяции [21].

Интенсивная разработка шельфовых месторождений в Охотском море в сочетании с повышением температуры может создать опасность деструкции экосистем летне-осенних нагульных районов малочисленной популяции охото-корейского серого кита. При деградации репродуктивных способностей и

уменьшении популяции амфиподов, вследствие совместного воздействия температуры и загрязнения акватории нефтеуглеводородами, нарушается баланс как пищевой цепи, так и экосистемы акватории в целом.

*Eschrichtius robustus* включён в I категорию Списка видов животных МСОП, а также в Красную книгу Российской Федерации. Популяционная динамика серого кита во многом зависит от способности справиться с кумулятивным воздействием антропогенных и природных факторов не только на самих китов, но и на их кормовую базу.

Цель данного исследования – анализ влияния синергетического эффекта повышенных температур и загрязнения нефтеуглеводородами в малых концентрациях на состояние и межгодовые колебания количества *Ampeliscidae*. Исследование проблемы может быть актуально при дальнейшей оценке рисков, связанных с изменением климата и загрязнением морских акваторий. Так, Н. Н. Митина обосновала необходимость природоохранных мероприятий на мелководном участке Дальневосточного побережья Японского моря [9].

Данное исследование построено на отчётных материалах, статистических данных и фотоматериалах компании «Газпром нефть» 2009–2019 гг.

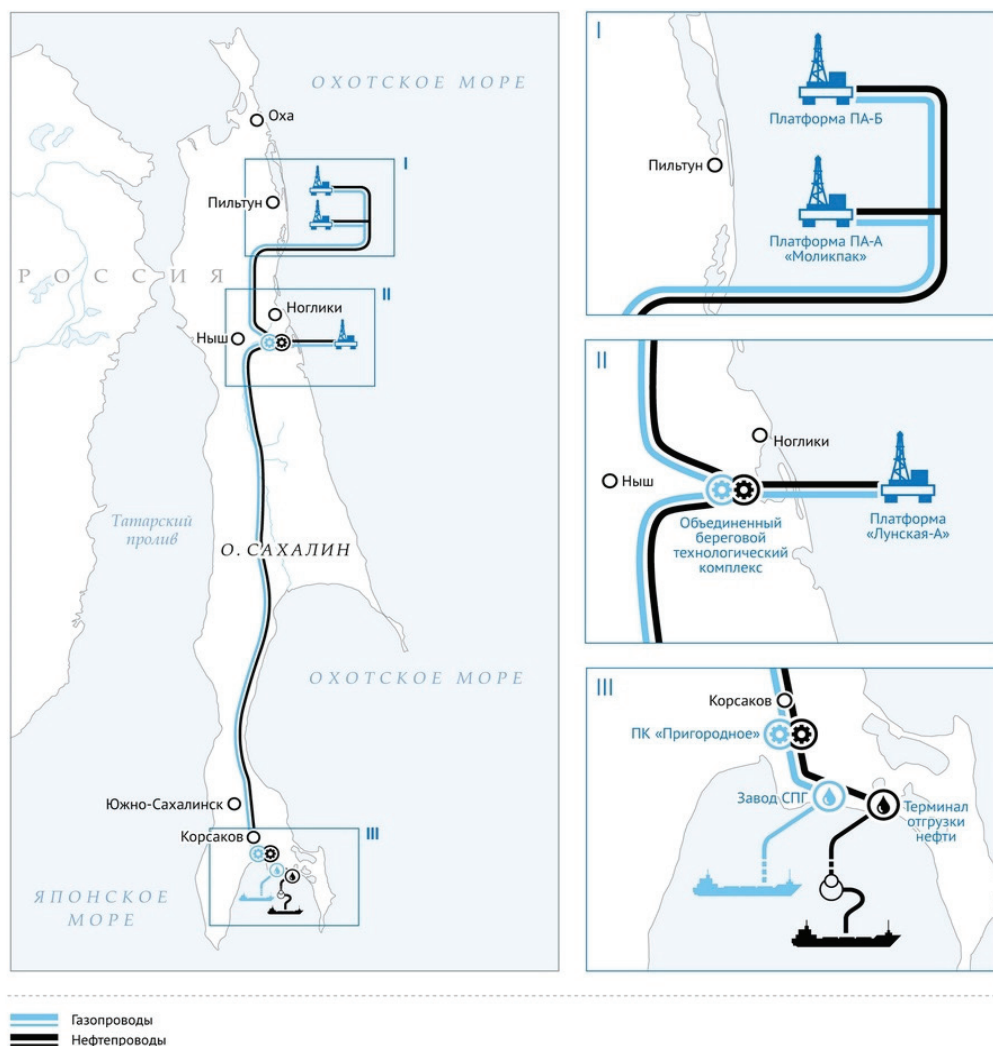
Данные об изменении численности амфиподов, температуры и концентраций нефтеуглеводородов были обработаны с помощью методов математической статистики в статистическом пакете SPSS (анализ корреляционных связей). Анализ корреляционных связей был проведён посредством корреляционного коэффициента Пирсона, который позволяет определить про-

порциональность изменчивости 2 переменных в одной выборке.

### Особенности акватории

Охотское море расположено в северо-западной части Тихоокеанского бассейна. Разрабатываемые и подтверждённые нефтегазоносные участки находятся в северной и восточной части побережья о. Сахалин, а их ресурсы насчитывают от 1 до 5 млрд тонн нефти и 1–4 трлн м<sup>3</sup> газа (рис. 1). В настоящий момент эксплуатируются месторождения по проектам «Сахалин 1, 2, 3» Одоптинское, Чайвинское, Аркутун-Даги, Пильтун-Астохское, Лунское, Кириновское и месторождения на Аяшском участке недр [25].

Климат рассматриваемой акватории определяется её местоположением. Во многом Охотское море повторяет климатические паттерны арктических морей, хотя и расположено в умеренных широтах. В этой связи существует достаточное количество аналоговых работ, в которых описаны концептуальные подходы к данной проблеме, а также экологические риски, связанные с изменением климата [8]. Тем не менее, основные метеорологические величины не лишены своей специфики, определяемой перманентными и сезонными центрами действия атмосферы, интенсивность которых связана с физическими характеристиками Тихого океана и Азиатского материка. За последние 60 лет в рассматриваемой акватории наблюдается снижение ледовитости, которое к настоящему моменту достигло 20%. Это может быть объяснено теми же процессами повышения температур, что и в арктической акватории, поскольку влияние холодных воздушных масс, приносимых ветрами



**Рис. 1 / Fig. 1.** Газопроводы и нефтепроводы в акватории Охотского моря / Gas and oil pipelines in the Okhotsk Sea

*Источник:* Производственный отчёт «Газпром нефть», 2016 г. [Электронный ресурс].  
 URL: [https://www.gazprom-neft.ru/annual-reports/2016/GPN\\_SR16\\_RUS\\_s.pdf](https://www.gazprom-neft.ru/annual-reports/2016/GPN_SR16_RUS_s.pdf)  
 (дата обращения: 17.08.2021)

северо-западного и северного румбов, оказывает решающее влияние на льдообразование в Охотском море [14].

Общие представления о характере межгодовых вариаций температур за многолетний период позволяют составить оценки трендов и корреляционных связей с климатическими

индексами [15; 16; 17]. Изменения в циклонической регуляции, произошедшие в рассматриваемой акватории в начале столетия посредством перестройки региональных и глобальных атмосферных процессов, определили сокращение количества «холодных» синоптических типов и уменьшение

продолжительности и активности зимнего муссона. Впоследствии температурная динамика в акватории изменилась от 0.5 до 1.5°C за 10 лет [3; 6].

Снижение численности охотокорейской популяции серых китов (*Eschrichtius robustus*) на данный момент является одной из центральных проблем сахалинского шельфа. По данным оценочного моделирования, проведённого в нагульный период, размер популяции составил 134 особи, не включая детёнышей. Охото-корейская популяция наблюдается в Пильгунском районе нагула на протяжении всего безледового периода (рис. 2). Серые киты появляются в конце мая, в июне–августе их число продолжает расти, они концентрируются в районе нагула. Покидают нагульный район серые киты в ноябре–декабре [18; 19].

Впервые истощённые киты или киты в плохом физическом состоянии в акватории были зафиксированы в 1999 г., и их насчитывалось 10 особей. Уже в 2000 г. количество особей возросло до 27. Среди истощённых китов были определены самки. Среди охотокорейской популяции китов детёныши рождаются 2-3 раза в год, таким образом, плохое физическое состояние даже одной самки может привести к сокращению популяции.

Низкие темпы размножения и сокращения популяции во многом объясняются интенсивным освоением нефтегазовых ресурсов шельфа о. Сахалин. Потенциальные угрозы для серых китов охото-корейской популяции связаны с негативным влиянием нефтегазодобычи на их кормовую базу. Физическое и химическое загрязнение



**Рис. 2 / Fig. 2.** Хвостовой плавник серого кита / Tail fin of a gray whale

*Источник:* Итоговый отчёт по результатам производственного экологического контроля при проведении морских сейсморазведочных работ 2D



акватории в ходе нефтедобычи, строительных работ, сброса производственных отходов и прочих процессов ведёт к деструкции бентосных сообществ посредством длительного воздействия малых доз токсикантов. Вследствие питания китов бентосом, постоянно аккумулирующим различные токсиканты (даже если концентрации не превышают норм ПДК), в их организме возникают различные патологические изменения, в особенности это касается репродуктивной системы [1; 2].

### **Влияние биотических и абиотических факторов на кормовую базу серого кита**

Кормовая база серого кита насчитывает более 70 видов беспозвоночных. Однако только сравнительно небольшое количество видов составляет основу рациона. Они относятся к отряду амфиподов (бокоплавов)<sup>1</sup>. Большое количество амфиподов в составе бентоса в Пильтунском районе нагула объясняет привязанность китов к акватории о. Сахалин.

Численность бентоса и его состояние определяются как биотическими, так и абиотическими факторами. Одним из таких факторов является ледовый покров. Сокращение ледового покрова, а также раннее или позднее очищение акватории от ледового покрова влияет на метаболические процессы и особенности развития фитопланктона, который, в свою очередь, оказывает влияние на бентосные организмы.

<sup>1</sup> Abram N., Adler C., Bindoff N. L., et al. IPCC. The Ocean and Cryosphere in a changing Climate : Summary for Policymakers. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. 2019. 42 p.

Важнейшим биотическим фактором, влияющим на развитие бентосных сообществ, является температура воды. Данный фактор определяет интенсивность и темп обмена веществ и роста популяции. Более того, во многих случаях существует корреляционная зависимость между скоростью их развития и динамикой температуры водных масс [4].

Также стоит отметить роль прибрежных процессов с точки зрения долговременного влияния на бентос. Во время приливов на мелководье процессы конвективного перемешивания и образования льда формируют потоки холодных и плотных высокосолёных вод на шельфе. Эти горизонтальные и вертикальные потоки являются своеобразным поставщиком органических веществ в поверхностные слои ближайших районов. При тенденции к сокращению ледового покрова в Охотском море, а также ослабления конвекционных процессов возникает нарушение водно-солевого баланса, а поток шельфовых вод уменьшается на 30%. Свидетельством данного процесса является устойчивая положительная динамика температуры, уменьшение концентрации растворённого кислорода (слой 50–500 м) и солёности.

Не менее важным фактором для жизнедеятельности бентоса является детрит и пресная вода, которые поступают из залива Пильтун и из р. Амур. Приток является устойчивым фактором с незначительной многолетней изменчивостью. Во время вскрытия ледового покрова биогенные вещества из р. Амур, приток органических веществ из залива Пильтун и апвеллинги обеспечивают высокую продуктивность среди бентосных сообществ в

Пильтунском нагульном районе охото-корейской популяции серых китов.

Постоянная антропогенная нагрузка на рассматриваемую акваторию привела к тому, что в ряде областей загрязняющее воздействие нефтеуглеводородов стало постоянно действующим фактором, оказывающим влияние на экосистему. Постепенная деструкция экосистемы является лишь конечным звеном в цепи изменений гидрохимических и гидрофизических свойств.

Несмотря на колоссальное количество исследований, в основном выполненных при поддержке нефтедобывающих компаний, количественные данные о нефтяном загрязнении присахалинских вод немногочисленны и переменны. Следует отметить, что на некоторых участках рассматриваемой акватории в воде и донных отложениях обнаруживаются повышенные концентрации нефтеуглеводородов, однако источники антропогенного загрязнения отсутствуют. Это объясняется проявлением природных нефтегазоносных структур [13].

В акватории Охотского моря фоновое содержание нефтеуглеводородов определено как 15–20 мкг/л [10; 11]. На шельфовых водах содержание экстрагируемых нефтеуглеводородов – 1–10 мкг/л, в заливах и устьях рек – 100–1 000 мкг/л, в районах работ по нефтедобыче загрязнения – 1 000 мкг/л [13].

До начала активных работ на шельфе Охотского моря наблюдались низкие концентрации алифатических углеводородов: в поверхностном слое – 15–23 мкг/л, а в придонном – 18,3–21,0 мкг/л. Впервые максимальное загрязнение было выявлено в 1993 г. в районе нефтедобывающей платформы

в Пильтунском районе (до 2 172 мкг/л). После проведения работ в окрестностях месторождения в донных осадках были выявлены аллохтонные устойчивые соединения, что свидетельствует о возрастающем загрязнении акватории. На данном этапе разработки нефтяных месторождений косвенным свидетельством присутствия повышенных концентраций нефтеуглеводородов может служить возрастающая численность нефтеокисляющих микроорганизмов южнее района нефтедобычи: 8,0x10<sup>4</sup> кл/мл в 2001 г. и 2,5x10<sup>5</sup> кл/мл в 2003 г. при их численности в фоновом районе 1,4x10<sup>3</sup> кл/мл [12].

Стабильное состояние структуры экосистемы определяется устойчивыми связями между её элементами. Стабильное состояние экосистемы достигается за счёт воздействия определённого качества факторов среды и постоянных энергетических затрат на воспроизводство элементов системы и поддержание её упорядоченности – появление новых цепей и посредством изменения потока энергии к изменению функциональных характеристик.

Для бентосных организмов рассматриваемого района характерна чувствительность к долговременному загрязнению нефтеуглеводородами в малых концентрациях. К числу наиболее чувствительных к такому воздействию относятся ракообразные, в т. ч. и амфиподы [7].

#### **Характеристика влияния совместного воздействия температуры и загрязнения нефтеуглеводородами**

У вида *Ampelisca eschrichtii* (*Ampeliscidae*), который является основной кормовой базы охото-корейской

популяции серых китов среди прочих амфиподов и изоподов, при незначительном повышении температуры воды наблюдается повышение содержания энергетических метаболитов [23]. Повышенные метаболические затраты, связанные с воздействием повышенной температуры, могут ограничивать энергию, доступную для процессов детоксикации, и тем самым увеличивать потенциально токсические эффекты воздействия нефти [26].

Суммарный эффект воздействия повышенных температур воды и аккумуляции нефтеуглеводородов характеризуется преобладанием самок *Ampeliscidae* с атрофированными яичниками, что приводит к недостаточному количеству эмбрионов в выводке. Трофический стресс и голодание *Ampeliscidae* вследствие отсутствия необходимых кормовых организмов (фитопланктона) приводит к отсутствию самок со сформированными эмбрионами в выводковой сумке и самцов после терминальной линьки в летне-осенний период<sup>1</sup>.

Многолетняя динамика массы амфиподов в рассматриваемом районе заключается в статистически значимом снижении. Тенденция к устойчивому снижению наблюдается с 2009 по 2019 г. с отрицательными пиками в 2013 г. –  $614.1 \pm 132.2 \text{ г/м}^2$  ( $n=58$ ), в 2014 г.

–  $599.8 \pm 151.5 \text{ г/м}^2$  ( $n=56$ ) [5], 2017 г. –  $621,1 \pm 133,7 \text{ г/м}^2$  ( $n=43$ ). В 2010–2012 гг. был замечен рост биомассы амфиподов<sup>2</sup>, однако он не привёл к достижению значений биомассы на уровне 2008 г. [22]. Статистический анализ многолетней динамики амфиподов показал значимую корреляцию как с динамикой температур ( $r = -0,324$ , при  $p = 0,005$ ), так и изменением концентрации нефтеуглеводородов ( $r = -0,484$ , при  $p = 0$ ). Межгодовые вариации биомассы не являются статистически значимыми.

### Заключение

В ходе многолетних исследований, которые проводились для неопубликованной экологической отчётности нефтяных компаний, выявлены серьёзные физиологические изменения в организме *Ampeliscidae*, являющиеся последствием воздействия комбинированных стрессов. Эти изменения проявляются в преобладании самок *Ampeliscidae* с атрофированными яичниками. Более того, в популяции наблюдается отсутствие самок со сформированными эмбрионами в выводковой сумке. Установлена значимая корреляция количества *Ampeliscidae* с многолетней динамикой температуры воды ( $r = -0,324$ , при  $p = 0,005$ ) и нефтяным загрязнением ( $r = -0,484$ , при  $p = 0$ ) нагульного района охото-корейской популяции серых китов.

На основе проанализированного материала появились основания предполагать, что синергетический эффект воздействия положительной динамики температуры водных масс

<sup>1</sup> Ивин В. В., Демченко Н. Л. Состояние бентоса в районах нагула серых китов (*Eschrichtius robustus*) у побережья северо-восточного Сахалина в 2014 г. (неопубликованный отчёт по контракту Института морской биологии, Дальневосточное отделение Российской Академии Наук (Владивосток, Россия) для компаний «Эксон Нефтегаз Лимитед» (Южно-Сахалинск, Россия) и «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лимитед» (Южно-Сахалинск, Россия).

<sup>2</sup> Итоговый отчёт по результатам производственного экологического контроля при проведении морских сейсморазведочных работ 2D.



Охотского моря и загрязнения нефтеуглеводородами оказывает значительное негативное влияние не только на *Ampeliscidae*, но и на экосистему моря в целом. *Ampeliscidae* является основной кормовой составляющей для охото-корейской популяции серого кита. Сокращение биомассы амфипод – один из определяющих факторов со-

кращения численности китов, которые приходили для нагула в Пильтунский район, и смещения популяции на юг во время нагула. Такие изменения могут повлечь дальнейшую непригодность нагульного района, и охото-корейская популяция серых китов его покинет.

*Статья поступила в редакцию 08.07.2021.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берзин А. А., Владимиров В. Л. Антропогенное воздействие на китов Охотского моря // Известия ТИНРО. 1996. Т. 121. С. 4–8.
2. Блохин С. А. Распределение, численность и поведение серых китов американской и азиатской популяций в районах их летнего распределения у берегов Дальнего Востока // Известия ТИНРО. 1996. Т. 121. С. 36–53.
3. Глебова С. Ю., Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д. Долгопериодные тенденции в ходе атмосферных процессов и термического режима дальневосточных морей за последний 30-летний период // Известия ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 285–298.
4. Детлаф Т. А. Температурно-временные закономерности развития пойкилотермных животных. М.: Наука, 2001. 211 с.
5. Динамика биомассы кормовой базы в районах нагула серых китов у северо-восточного побережья острова Сахалин (в Охотском море) 2001–2015 / Бланшард А. Л., Демченко Н. Л. Аертс Л. А. М., Язвенко С. Б., Ивин В. В., Щербаков И., Мелтон Г. Р. // Marine Environmental Research. 2019. Vol. 145. С. 123–136.
6. Карпова И. П., Шатилина Т. А. Долгопериодная изменчивость температуры воды и воздуха у юго-западного побережья Сахалина // Известия ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 50–60.
7. Оценка экологической ёмкости среды для серых китов (*Eschrichtius robustus*) в известных районах нагула у северо-восточного побережья о-ва Сахалин / В. С. Лабай, С. Т. Ким, А. В. Смирнов, В. Н. Частиков, Г. В. Шевченко, Ж. Р. Цхай // Морские млекопитающие Голарктики : сборник научных трудов по материалам X международной конференции, посвящённой памяти А. В. Яблокова. 2019. Москва: РОО “Совет по морским млекопитающим”, 2019. С. 174–185.
8. Медведков А. А. Арктическая зона РФ: новые геоэкологические вызовы в условиях глобальных изменений климата // Мировая экологическая повестка и Россия : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (16–18 ноября 2020 г., г. Москва). М.: МГУ, 2020. С. 90–95.
9. Митина Н. Н. Структура и физико-географическая дифференциация ландшафтов морских мелководий : автореф. дис. ... док. географ. наук. Москва, 2005. 36 с.
10. Немировская И. А. Содержание и состав углеводородов в донных осадках сахалинского шельфа // Геохимия, 2008. № 4. С. 414–421.
11. Немировская И. А. Углеводороды воды и донных осадков Охотского моря // Геохимия. 1995. № 7. С. 1009–1020.
12. Немировская И. А., Люцарев С. В., Шанин С. С. Органические вещества воды и взвеси Сахалинского шельфа // Геохимия. 1997. № 9. С. 959–966.
13. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 247 с.
14. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1982 по 2015 г. / Пищальник В. М., Романюк В. А., Минервин И. Г., Батухтина А. С. // Известия ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 1–12.

15. Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д., Хен Г. В. Межгодовая изменчивость термических условий Охотского моря // Известия ТИНРО. 2002. Т. 130. С. 44–51.
16. Хен Г. В., Басюк Е. О., Сорокин Ю. Д. и др. Термические условия на поверхности Берингова и Охотского морей в начале 21-го века на фоне полувековой изменчивости // Известия ТИНРО. 2008. Т. 153. С. 254–263.
17. Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Радченкова Т. В. Оценка статистической значимости изменчивости температуры воды в Японском море и северо-западной части Тихого океана в 1982–2007 гг. // Труды СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. 2011. Т. 12. С. 180–190.
18. Шунтов В. П., Бочаров Л. Н., Волвенко И. В. и др. Экосистемное изучение биологических ресурсов дальневосточных морских вод России: некоторые результаты исследований в конце 20 – начале 21-го столетия // ТИНРО-85. Итоги десятилетней деятельности. 2000–2010 гг. : сб. статей. Владивосток, 2010. С. 25–78.
19. Состояние биологических ресурсов в связи с динамикой макроэкосистем в дальневосточной российской экономической зоне / Шунтов В. П., Дулепова Е. П., Темных О. С., Волков А. Ф. // Дашко Н. А., Тарасов В. Г. Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 72–176.
20. Carmack E. et al. Toward quantifying the increasing role of oceanic heat in sea ice loss in the new arctic // Bulletin of the American Meteorological Society. 2015. № 96 (12). P. 2079–2105.
21. Crain C. M., Kroeker K., Halpern B. S. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems // Ecology Letters. 2008. № 11 (12). P. 1304–1315.
22. Fadeev V. I. Benthos studies in feeding grounds of the Okhotsk-Korean gray whale population in 2010. Vladivostok, 2011. 115 p.
23. Nerini M. K., Oliver J. S. Gray whales and the structure of the Bering Sea benthos // Oecologia. 1983. Vol. 59. P. 224–225.
24. Ohshima K. I., Nakanowatari T., Riser S., et al. Freshening and dense shelf water reduction in the Okhotsk Sea linked with sea ice decline // Progress In Oceanography, 2014. Vol. 126. P. 71–79.
25. Petrenco V. Ye., Chigay S. Ye., Nikitin B. A., et al. Offshore hydrocarbon resources of Okhotsk sea and the results of their development by the Gazprom OJSC // Gazovaya Promyshlennost. 2014. № 716. P. 16–21.
26. Tkalin A. V., Lishavskaya T. S., Belan T. A., et al. Monitoring of potential environmental effects of oil exploration in the Sea of Okhotsk and distribution of artificial radionuclides in the Sea of Japan // Pacific Oceanography. 2003. Vol. 1. № 1. P. 42–52.

#### REFERENCES

1. Berzin A. A., Vladimirov V. L. [Anthropogenic Impact on Whales in the Sea of Okhotsk]. In: *Izvestiya TINRO*, 1996, vol. 121, pp. 4–8.
2. Blokhin S. A. [Distribution, abundance, and behavior of American and Asian gray whales in the areas of their summer distribution off the coast of the Far East]. In: *Izvestiya TINRO*, 1996, vol. 121, pp. 36–53.
3. Glebova S. Yu., Ustinova E. I., Sorokin Yu. D. [Long-term trends in the course of atmospheric processes and thermal regime of the Far Eastern seas over the last 30-year period]. In: *Izvestiya TINRO*, 2009, vol. 159, pp. 285–298.
4. Detlaf T. A. *Temperaturno-vremennyye zakonomernosti razvitiya poikilothermnykh zhivotnykh* [Temperature-time patterns of development of poikilothermic animals]. Moscow, Nauka Publ., 2001. 211 p.

5. Blanshard A. L., Demchenko N. L., Aerts L. A. M., Yazvenko S. B., Ivin V. V., Shcherbakov I., Melton G. R. [Changes in the biomass of the food supply in the gray whale feeding areas off the northeastern coast of the Sakhalin Island (in the Sea of Okhotsk) 2001–2015]. In: *Marine Environmental Research*, 2019, vol. 145, pp. 123–136.
6. Karpova I. P., Shatilina T. A. [Long-term variability of water and air temperatures off the southwestern coast of Sakhalin]. In: *Izvestiya TINRO*, 2000, vol. 127, pp. 50–60.
7. Labai V. S., Kim S. T., Smirnov A. V., Chastikov V. N., Shevchenko G. V., Tskhai Zh. R. [Assessment of the ecological capacity of the environment for gray whales (*Eschrichtius robustus*) in known feeding areas off the northeastern coast of the Sakhalin Island. In: *Morskije mlekopitayushchie Golarktiki : sbornik nauchnykh trudov po materialam X mezhdunarodnoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati A. V. Yablokova. 2019* [Marine mammals of the Holarctic: collection of scientific papers based on the materials of the X international conference dedicated to the memory of A. V. Yablokov. 2019]. Moscow, 2019, pp. 174–185.
8. Medvedkov A. A. [Arctic zone of the Russian Federation: new geoecological challenges in the context of global climate change]. In: *Mirovaya ekologicheskaya povestka i Rossiya : materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (16–18 noyabrya 2020 g., g. Moskva)* [World Environmental Agenda and Russia: materials of the All-Russian scientific conference with international participation (16–18 November, 2020, Moscow)]. Moscow, Moscow University Press Publ., 2020, pp. 90–95.
9. Mitina N. N. *Struktura i fiziko-geograficheskaya differentsiatsiya landshaftov morskikh melkovodii : avtoref. diss. ... dok. geograf. nauk* [The structure and physical-geographical differentiation of landscapes of shallow marine waters: abstract of Dr. Sci. thesis in Geographical Sciences], Moscow, 2005. 36 p.
10. Nemirovskaya I. A. [Content and composition of hydrocarbons in bottom sediments of the Sakhalin shelf]. In: *Geokhimiya* [Geochemistry], 2008, no. 4, pp. 414–421.
11. Nemirovskaya I. A. [Hydrocarbons in water and bottom sediments of the Sea of Okhotsk]. In: *Geokhimiya* [Geochemistry], 1995, no. 7, pp. 1009–1020.
12. Nemirovskaya I. A., Lyutsarev S. V., Shanin S. S. [Organic matter of water and suspended matter on the Sakhalin shelf]. In: *Geokhimiya* [Geochemistry], 1997, no. 9, pp. 959–966.
13. Patin S. A. *Neft i ekologiya kontinentalnogo shelfa* [Oil and ecology of the continental shelf]. Moscow, VNIRO Publ., 2001. 247 p.
14. Pishchalnik V. M., Romanyuk V. A., Minervin I. G., Batukhtina A. S. *Analiz dinamiki anomalii ledovitosti Okhotskogo morya v period s 1982 po 2015 g.* [Analysis of the dynamics of ice cover anomalies in the Sea of Okhotsk in the period from 1982 to 2015]. In: *Izvestiya TINRO*, 2016, vol. 185, pp. 1–12.
15. Ustinova E. I., Sorokin Yu. D., Khen G. V. [Interannual variability of thermal conditions in the Sea of Okhotsk]. In: *Izvestiya TINRO*, 2002, vol. 130, pp. 44–51.
16. Khen G. V., Basyuk E. O., Sorokin Yu. D., et al. [Thermal conditions on the surface of the Bering and Okhotsk seas at the beginning of the 21<sup>st</sup> century against the background of half a century of variability]. In: *Izvestiya TINRO*, 2008, vol. 153, pp. 254–263.
17. Shatilina T. A., Tsitsiashvili G. Sh., Radchenkova T. V. [Assessment of the statistical significance of water temperature variability in the Sea of Japan and the Northwest Pacific Ocean in 1982–2007]. In: *Trudy SakhNIRO. Biologiya, sostoyanie zapasov i usloviya obitaniya gidrobiontov v Sakhalino-Kurilskom regione i sopredelnykh akvatoriyakh* [Proceedings of SakhNIRO. Biology, state of reserves and habitat of aquatic organisms in the Sakhalin-Kuril region and adjacent waters], 2011, vol. 12, pp. 180–190.
18. Shuntov V. P., Bocharov L. N., Volvenko I. V., et al. [Ecosystem study of biological resources of the Far Eastern sea waters of Russia: some research results at the end of 20<sup>th</sup> – the beginning of

- the 21<sup>st</sup> century]. In: *TINRO-85. Results of ten years of activity. 2000–2010 : sb. statei* [TINRO-85. Results of ten-year activities. 2000–2010 : collection of papers]. Vladivostok, 2010, pp. 25–78.
19. Shuntov V. P., Dulepova E. P., Temnykh O. S., Volkov A. F. [The state of biological resources in connection with the dynamics of macroecosystems in the Russian Far East economic zone]. In: Dashko N. A., Tarasov V. G. *Dinamika morskikh ekosistem i sovremennye problemy sokhraneniya biologicheskogo potentsiala morei Rossii* [Dynamics of marine ecosystems and modern problems of preserving the biological potential of the seas of Russia]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2007, pp. 72–176.
  20. Carmack E. et al. Toward quantifying the increasing role of oceanic heat in sea ice loss in the new arctic. In: *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2015, no. 96 (12), pp. 2079–2105.
  21. Crain C. M., Kroeker K., Halpern B. S. Interactive and cumulative effects of multiple human stressors in marine systems. In: *Ecology Letters*, 2008, no. 11 (12), pp. 1304–1315.
  22. Fadeev V. I. Benthos studies in feeding grounds of the Okhotsk-Korean gray whale population in 2010. Vladivostok, 2011. 115 p.
  23. Nerini M. K., Oliver J. S. Gray whales and the structure of the Bering Sea benthos. In: *Oecologia*, 1983, vol. 59, pp. 224–225.
  24. Ohshima K. I., Nakanowatari T., Riser S., et al. Freshening and dense shelf water reduction in the Okhotsk Sea linked with sea ice decline. In: *Progress in Oceanography*, 2014, vol. 126, pp. 71–79.
  25. Petrenko V. Ye., Chigay S. Ye., Nikitin B. A., et al. Offshore hydrocarbon resources of Okhotsk sea and the results of their development by the Gazprom OJSC. In: *Gazovaya Promyshlennost*, 2014, no. 716, pp. 16–21.
  26. Tkalin A. V., Lishavskaya T. S., Belan T. A., et al. Monitoring of potential environmental effects of oil exploration in the Sea of Okhotsk and distribution of artificial radionuclides in the Sea of Japan. In: *Pacific Oceanography*, 2003, vol. 1, no. 1, pp. 42–52.
- 

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Беловодова Ольга Сергеевна – аспирант кафедры рационального природопользования Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова;  
e-mail: olga.belovodova.msu@mail.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Olga S. Belovodova – postgraduate student, Department of Environmental Management, Lomonosov Moscow State University;  
e-mail: olga.belovodova.msu@mail.ru

---

#### ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Беловодова О. С. Кормовая база охото-корейской популяции серых китов в условиях изменения природной среды и климата // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 22–33.  
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-22-33

#### FOR CITATION

Belovodova O. S. Food base of the Okhotsk-Korean gray whale population under conditions of environmental and climate change. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 22–33.  
DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-22-33