

Обзорная статья

УДК 582.273:664.86

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-339-354

EDN: LALRVX



## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ КРАСНОЙ ВОДОРΟΣЛИ АНФЕЛЬЦИИ ТОБУЧИНСКОЙ

Н.М. Аминина, В.Н. Акулин\*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**Аннотация.** Обсуждаются вопросы запасов красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) и объемов ее штормовых выбросов в Охотском и Японском морях. Представлены данные по перспективным направлениям использования разных химических соединений анфельции в пищевой промышленности и сельском хозяйстве.

**Ключевые слова:** анфельция, запасы, промысел, химический состав, растениеводство

**Для цитирования:** Аминина Н.М., Акулин В.Н. Рациональное использование ресурсов красной водоросли анфельции тобучинской // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 2. — С. 339–354. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-339-354. EDN: LALRVX.

Review article

### Rational use of resources of red algae *Ahnfeltia tobuchiensis*

Natalya M. Aminina\*, Valery N. Akulin\*\*

\*, \*\* Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

\* Ph.D., head of laboratory, natalia.aminina@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-7002-9154

\*\* Ph.D., chief specialist, valerii.akulin@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0009-6032-2056

**Abstract.** Resources of red algae *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) and volumes of this alga storm releases in the Okhotsk and Japan Seas are considered. In the last decade, the stable commercial stocks are maintained in the Izmena Bay (about  $70 \cdot 10^3$  t) and Peter the Great Bay (about  $45 \cdot 10^3$  t); the field in Aniva Bay is depressed with a tendency to disappear. Storm releases accumulate annually on shores of Peter the Great Bay about 5,000 t of *A. tobuchiensis* suitable for use in agriculture. Prospects for using the red algae as a source of various chemical compounds in the food industry and agriculture are described. Particular attention is paid to polysaccharides, pigments, polyphenols, peptides and other biologically active compounds. Recommendations are given for processing the storm emissions of *A. tobuchiensis*, primarily in organic farming.

**Keywords:** *Ahnfeltia tobuchiensis*, marine biological resources, chemical composition, food industry, agriculture

\* Аминина Наталья Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, natalia.aminina@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-7002-9154; Акулин Валерий Николаевич, кандидат биологических наук, главный специалист, valerii.akulin@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0009-6032-2056.

**For citation:** Aminina N.M., Akulin V.N. Rational use of resources of red algae *Ahnfeltia tobuchiensis*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 2, pp. 339–354. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-339-354. EDN: LALRVX.

## Введение

Морские водоросли являются неотъемлемой частью морских прибрежных экосистем и имеют большое экологическое значение, поскольку помогают насыщать море кислородом и выступают в качестве одного из основных производителей в морской пищевой цепи [Chan et al., 2006]. Макроводоросли на протяжении веков широко использовались в качестве источника пищи и сырья для производства пищевых добавок — альгината, каррагинана и агара. В российских морях, особенно на дальневосточном побережье, сосредоточены огромные запасы бурых водорослей [Вилкова, 2010]. Красные водоросли по биомассе уступают бурым водорослям, но отличаются значительным видовым разнообразием [Ресурсы..., 2020]. Наиболее востребованы красные водоросли рода *Ahnfeltia*, главным образом *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Makienko, используемая для производства агара в России с начала 30-х гг. XX в. Основные потребители агара — пищевая промышленность, медицина, биотехнология. Анфельция тобучинская является ценным сырьем для производства микробиологического агара, важным продуктом переработки этой водоросли в СССР. В период с 1953 по 1963 г. на Дальнем Востоке выпускали 30–40 т агара, в том числе 2–3 т микробиологического [Кизеветтер и др., 1967]. Масштабный выпуск агара в России во второй половине XX в. стал тормозиться из-за значительного сокращения запасов анфельции в основных районах ее промысла. Отсутствие государственных дотаций для предприятий в период реформы экономики в конце 1980-х гг. привело к полной остановке существующих предприятий. В настоящее время вновь появилась необходимость производства микробиологического агара для обеспечения фармацевтической безопасности нашей страны. Рентабельность такого производства можно повысить за счет внедрения комплексной переработки сырья и выпуска продукции разного назначения для пищевой промышленности и сельского хозяйства. В связи с этим необходимо провести всесторонний анализ существующих возможностей запасов анфельции и их рационального использования.

### *Запасы и промысел анфельции тобучинской*

До недавнего времени на тихоокеанском побережье России были зарегистрированы три вида рода *Ahnfeltia*: *A. tobuchiensis*, *A. fastigiata* и *A. plicata*. В настоящее время обнаружен еще один вид, встречающийся в северной части Тихого океана, *Ahnfeltia borealis* [Skriptsova, Zhigadlova, 2022]. Кроме того, по мнению А.В. Скрипцовой, Г.Г. Жигадловой [Skriptsova, Zhigadlova, 2022], вид *A. tobuchiensis* конспецифичен с *A. fastigiata* и должен быть сведен к подвиду *A. fastigiata* var. *tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Skriptsova, Zhigadlova. Промысловым видом можно считать только анфельцию тобучинскую [Евсеева, 2016].

Анфельция тобучинская — многолетний вид, которому присущи высокие колебания биомассы в связи с неприкрепленной формой ее существования и низкими темпами воспроизводства. Ее ареал охватывает Японское и Охотское моря: лагуна Буссе в зал. Анива (южная часть о. Сахалин), зал. Измены (о. Кунашир), зал. Петра Великого (Приморский край). В лагуне Буссе анфельцию стали добывать японские рыбопромышленники еще в 1916 г., ее общий запас составлял около 100 тыс. т [Сарочан, 1969]. Были построены два агаровых завода, один из которых в г. Корсаков продолжал работать после 1945 г. уже на нужды СССР. Промысел прекратился в 1943 г. из-за сокращения запаса анфельции до критических значений в 19 тыс. т [Огородников, Сергеенко, 2001]. Позже промысел анфельции возобновился, но в 1970 г. был вновь остановлен в связи с резким уменьшением запаса. Был разрешен только сбор предштормовых

скоплений на мелководье и штормовых выбросов на берегу в северной и западной частях лагуны. Обследование поля анфельции в 2012 г. показало, что общие запасы водоросли составляют 26,3 тыс. т [Евсеева, 2016]. Считается, что в настоящее время в лагуне Буссе поле анфельции находится в депрессивном состоянии с тенденцией к исчезновению, а промысловый запас составляет всего лишь 4–5 тыс. т\*. В связи с этим рекомендовано запретить промысел водоросли в этом районе на ближайшие 10–15 лет [Галанин, Прохорова, 2023].

В зал. Измены в южной части о. Кунашир расположено самое крупное по запасам поле анфельции. Ее промысел здесь в пределах 0,5 тыс. т начался еще в 30-е гг. XX столетия для обеспечения производства агара на японском предприятии (о. Кунашир). В послевоенные годы в заливе продолжили добывать анфельцию для агаровых предприятий Сахалино-Курильского района, ее промысел в этот период достигал 12 тыс. т. В результате в 1974 г. было отмечено значительное сокращение запасов анфельции — до 50,8 тыс. т\*\*. Рост запаса анфельции в зал. Измены начался с момента остановки крупного агарового предприятия в г. Корсаков в конце 1990-х гг., и в 2004 г. величина общей биомассы анфельции составила 205,7 тыс. т (табл. 1). По официальным данным промысел в этот период не велся до 2017 г. и вновь прекратился в 2020 г., а максимальный вылов в 2019 г. составил 9,0 тыс. т. В настоящее время площадь поля относительно стабильна, по данным 2015 г. общий запас определен в 157,6 тыс. т [Евсеева, 2016], а в 2019 г. — 119,3 тыс. т\*\*\*. Промысловый запас анфельции тобучинской в зал. Измены в последние годы остается на уровне 70 тыс. т (табл. 1).

Таблица 1

Объемы общего и промыслового запасов анфельции тобучинской в дальневосточных морях в 1998–2019 гг., тыс. т\*

Table 1

Total and commercial stocks of *Ahnfeltia tobuchiensis* in the Far-Eastern Seas of Russia in 1998–2019, 10<sup>3</sup> t

| Запас                      | 1998  | 2001  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2011  | 2015  | 2019  |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Зал. Измены</i>         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Общий                      | 125,0 | 121,2 | 205,7 | 167,1 | 185,0 | 181,3 | 131,9 | 157,6 | 119,3 |
| Промысловый                | 90,0  | 90,9  | 170,5 | 100,3 | 120,0 | 117,0 | 88,5  | 90,0  | 71,6  |
| <i>Зал. Петра Великого</i> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Общий                      | 65,0  | 88,1  | 80–85 | 80–85 | 65–75 | 65–75 | 65–75 | 70–80 | 75,0  |
| Промысловый                | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 40–45 | 42,0  |

\* Данные взяты из прогнозов ТИПРО.

На основе исследований состояния ценопопуляции водоросли [Новожилов, 1989; Титлянов и др., 1993] были разработаны рекомендации по рациональной эксплуатации ее в зал. Измены в случае возобновления интенсивного промысла [Евсеева, 2014]. Отрыв частей пласта анфельции от основного поля и выброс их на берег являются естественным процессом, что способствует увеличению продуктивности поля [Новожилов, 1989; Титлянов и др., 1993]. Объем штормовых выбросов анфельции при активном промысле в зал. Измены ежегодно в среднем составляет около 6–12 тыс. т [Балконская, Евсеева, 2003]. Однако в отсутствии промысла объем береговых выбросов не превышает 1 тыс. т в год [Евсеева, 2016].

\* Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна — 2023. Владивосток: ТИПРО, 2023. 422 с.

\*\* Сарочан В.Ф., Андреева М.Т., Размахин А.Н. Результаты исследований по определению запасов и состоянию зарослей анфельции в заливе Измены и лагуне Буссе и перспективы ведения промысла : отчет о НИР / СахТИПРО. Инв. № 3075. Южно-Сахалинск, 1974. 64 с.

\*\*\* Состояние промысловых ресурсов... [2023].

В зал. Петра Великого анфельция образует отдельные поля в прол. Старка, бухтах Перевозная, Баклан, Северная, Троицы, Ильмовая и в прибрежье у горы Столовой [Жильцова и др., 2006]. Запуск агарового предприятия во Владивостоке в 1935 г. и выпуск в 1950-е гг. до 20 т агара в год привели к сильной деградации поля анфельции в бухте Ильмовой, а в 1977 г. был временно запрещен промысел и в прол. Старка [Умудова, 1981]. В целях сохранения запасов анфельции с 1992 г. было предложено проводить промысел в рамках контрольного лова. С 1977 по 1999 г. общая биомасса анфельции достигла порядка 65–75 тыс. т [Кулепанов и др., 1999]. На основании имеющихся материалов съемки в зал. Петра Великого в 2000 г. запасы анфельции были определены в объеме 80–85 тыс. т, а в последнее десятилетие запас анфельции рассчитывается в пределах 65–75 тыс. т (табл. 1). В прол. Старка оценка биомассы анфельции, полученная тремя различными методами, составляет около 30 тыс. т [Кузнецов и др., 2014]. По официальным данным (прогнозы ТИНРО) с 2006 по 2015 г. промысел анфельции в Приморье практически не велся, данные по промысловому запасу появились только в 2014 г.\* В 2016–2017 гг., а также в 2022 г. в прол. Старка было добыто около 1 тыс. т анфельции для экспорта в Китай [Евсеева и др., 2024].

Структуру полей анфельции описывают как неоднородную, выделяя продукционную, промысловую и предвыбросную зоны [Титлянов и др., 1986; Дзизюров и др., 1998]. Промысел в пределах продукционной зоны не рекомендуется, так как это негативно сказывается на общей годовой продуктивности поля [Звалинский, Силкин, 1980]. Общий допустимый улов в подзоне Приморья определяется количеством биомассы анфельции, однократно накапливаемой в предвыбросных зонах. Это позволяет охарактеризовать не максимально возможный, а стабильный промысел [Планирование..., 2005]. Предвыбросные зоны являются периферийными участками поля и играют роль «накопителей» водорослей из центральной части поля после шторма. Период наполнения этих зон может составлять от нескольких часов до нескольких лет [Титлянов и др., 1986]. Промысловый запас анфельции в подзоне Приморья оценивается в пределах 45 тыс. т, к промышленному лову предлагается только 1 тыс. т водоросли\*. В то же время мощные тайфуны и циклоны в Приморье сопровождаются иногда значительными (до нескольких тысяч тонн) выбросами анфельции на берег. И общий объем штормовых выбросов анфельции в зал. Петра Великого ежегодно может достигать порядка 5000 т [Жильцова, Приходченко, 2019].

Таким образом, в настоящее время сырьевые ресурсы анфельции в дальневосточных морях выглядят внушительно только на фоне их слабого освоения. Для запуска крупнотоннажного производства полисахарида (до 150 т в год), значительные объемы которого требуются для пищевой промышленности, реально использовать только промысловый запас водоросли в зал. Измены, возможное изъятие которой составляет около 7 тыс. т. Однако отсутствие агарового завода на о. Кунашир делает это производство в южнокурильском районе малоперспективным. Для использования ресурса на существующем предприятии в г. Корсаков (о. Сахалин) необходимо снижение себестоимости продукта за счет значительного повышения выхода агара из анфельции. Единственным резервом для этого является совершенствование процесса получения агара на всех этапах, начиная от способов первичной обработки водорослей до химической модификации сырья.

В связи с этим в настоящее время, говоря о рациональном использовании анфельции тобучинской, следует прежде всего рассматривать промысел водоросли, а также сбор и переработку ее штормовых выбросов в Приморском крае. В литературе описаны различные подходы к сбору и заготовке качественного сырья из штормовых выбросов водорослей [Жильцова, Приходченко, 2019; Беякова и др., 2020; Станишевский, 2021]. Разработаны рекомендации по переработке штормовых выбросов анфельции как сырья

\* Состояние промысловых ресурсов... [2023].

для производства агара [Подкорытова и др., 2022]. Рекомендуемое изъятие анфельции в объеме 1 тыс. т позволяет организовать выпуск из нее микробиологического агара и других ценных продуктов.

### Характеристика химического состава анфельции тобучинской

Чтобы выжить в высококонкурентной среде, морские водоросли должны были выработать стратегии защиты, которые привели к метаболизму огромного разнообразия соединений [Cardozo et al., 2007]. Особое внимание в исследованиях пищевой ценности водорослей уделяется полисахаридам, полифенолам, лектинам, пептидам, галогенсодержащим соединениям, пигментам [Lordan et al., 2011]. Многие из этих соединений обладают высокой биологической активностью и имеют большое значение для развития медицинского аспекта пищевой промышленности (табл. 2).

Таблица 2

Функциональные пищевые ингредиенты морских водорослей  
и их биологическая активность [Lordan et al., 2011]

Table 2

Functional food ingredients of seaweeds and their biological activity [Lordan et al., 2011]

| Функциональный пищевой ингредиент | Биологическая активность                                                                  |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Пептиды                           | АПФ ингибиторная<br>Антиоксидантная                                                       |
| Полисахариды                      | Противораковая<br>Антивирусная<br>Кардиопротекторная                                      |
| Каротиноиды                       | Противораковая<br>Антиоксидантная<br>Антидиабетическая<br>Ингибирование процесса ожирения |
| Хлорофиллы                        | Противораковая                                                                            |
| Полифенолы                        | Антиоксидантная<br>Антидиабетическая                                                      |

Морские водоросли богаты такими веществами, как пищевые волокна,  $\omega$ -3 жирные кислоты, незаменимые аминокислоты и витамины А, В, С и Е [Rajapakse, Kim, 2011], что необходимо для производства не только продуктов функционального питания, пищевых добавок, но и космецевтических продуктов [Thomas, Kim, 2013]. Морские водоросли являются известными деликатесами в некоторых частях Азии, а также источником важных пищевых флоротанинов [Nwosu et al., 2011], пигментов [Pangestuti, Kim, 2011] и сульфатированных полисахаридов [Jiao et al., 2011]. Экстракты красных водорослей содержат комплекс биологически активных веществ. Установлено, что спиртовые экстракты *A. tobuchiensis* проявляют антимикробную активность и способны ингибировать рост бактерий [Аминина и др., 2009]. Водные экстракты из анфельции тобучинской содержат вещества, способные ингибировать активные центры ангиотензинконвертирующего фермента, и их можно рекомендовать для производства БАД или функциональных продуктов с целью профилактики гипертонии [Аминина и др., 2009].

Красные водоросли из рода *Ahnfeltia* служат традиционным сырьем для получения агара в России. По данным моносахаридного состава *A. tobuchiensis* установлено, что в ней содержится от 27,95 до 30,50 % агара [Подкорытова и др., 2019]. Для анфельции тобучинской характерно высокое содержание 2-О-метил-3,6-ангидрогалактозы (9,8 %) по сравнению с другими моносахаридами. Использование агара связано с его способностью образовывать гели и со специфичными свойствами этих гелей. Агар растворяется в кипящей воде и при охлаждении образует гель. Большая разница между температурой, при которой образуется гель (32–43 °С в зависимости от источника водорослей), и температурой, при которой он плавится (85 °С или выше), необычна

и уникальна для агара. Около 90 % производимого в мире агара предназначено для пищевого использования, остальные 10 % — для бактериологических и других биотехнологических целей [McHugh, 2003].

Перспективным направлением использования агара является его лечебно-профилактическое действие на организм человека. Показано, например, что агар способен снижать всасывание холестерина в кишечнике [Jiménez-Escrig, Sánchez-Muniz, 2000]. Однако медико-биологические и фармакологические свойства агара изучены еще недостаточно.

Повышение рентабельности производства агара связано в первую очередь с получением других продуктов пищевого и кормового значения из отходов переработки анфельции. Из водорослевого остатка можно получить пищевую добавку в виде пищевых волокон (клетчатки) [Подкорытова и др., 2016] или корма для сельскохозяйственных животных [Зими́на и др., 1989].

Кроме агара, обосновано производство из анфельции микрокристаллической целлюлозы, этанола, пептидных и аминокислотных продуктов кормового назначения [Подкорытова и др., 2019].

Анфельция, как и другие красные водоросли, отличается высоким содержанием белка (более 20 %). Для аминокислотного состава анфельции тобучинской характерно преобладание заменимых аминокислот (60 г/100 г белка), особенно пролина и аргинина [Технохимическая характеристика..., 2023]. Среди незаменимых аминокислот отмечается наибольшее количество лизина, а также лейцина и валина.

Главным отличием жирнокислотного состава анфельции, как и других красных водорослей, является высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) — арахидоновой и эйкозапентаеновой. Количество ПНЖК в биомассе анфельции может меняться в пределах 10–30 % от общего содержания липидов в зависимости от условий произрастания [Технохимическая характеристика..., 2023]. Для липидного состава анфельции характерно преобладание таких фосфолипидов, как фосфатидилглицерин и фосфатидилхолин [Фоменко и др., 2019]. Установлено, что комплекс липидов из морской красной водоросли *A. tobuchiensis* с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот семейства n-3 обладает выраженным антиоксидантным и гепатопротекторным эффектом в условиях токсического поражения печени [Спрыгин и др., 2022]. Исследуемый комплекс липидов из анфельции превосходит эталонный гепатопротектор «Эссенциале» по способности восстанавливать удельную массу печени, активность аланинаминотрансферазы, показатели липидного обмена и процессов перекисного окисления.

Минеральные вещества в анфельции (в среднем до 20 %) могут находиться в виде водорастворимых солей или входить в состав органических веществ. Элементный состав анфельции значительно меняется в зависимости от условий произрастания, больше всего накапливается калия и натрия, меньше — кальция [Технохимическая характеристика..., 2023]. К макроэлементам относится также и магний, содержание которого меньше, чем остальных трех металлов. Среди микроэлементов анфельции, как и в других водорослях, преобладает железо. Отличительной особенностью водоросли является значительное накопление в ней марганца. Для анфельции также характерно большое содержание йода, на уровне ламинариевых водорослей, — более 0,1 % [Технохимическая характеристика..., 2023].

Красные водоросли, в том числе анфельция тобучинская, являются источником некоторых витаминов и пигментов, влияющих на многие метаболические реакции в организме человека и животных. Из водорастворимых витаминов значительный интерес представляет наличие в водорослях витамина B<sub>12</sub> [Mabeau, Fleurence, 1993]. Еще одним важным классом вторичных метаболитов в морских растениях, в том числе и в анфельции тобучинской, являются полифенолы, обладающие высокой антиоксидантной активностью [Аминина и др., 2017; Фоменко и др., 2019].

Высокое содержание в анфельции аминокислот, минеральных веществ и других биологически активных соединений предполагает использование ее не только в пищевой промышленности, но и в сельском хозяйстве в качестве кормовых добавок, удобрений или биостимуляторов [Craigie, 2011] (табл. 3).

Таблица 3

Эффекты воздействия экстрактов морских водорослей на сельскохозяйственные растения и животных [Craigie, 2011]

Table 3

Effects of seaweed extracts on crops and animals [Craigie, 2011]

| Растения                                                               | Животные                                                     |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Улучшают жизнеспособность растений, развитие корней, синтез хлорофилла | Улучшают общее состояние здоровья                            |
| Способствуют более раннему цветению, завязыванию и однородности плодов | Улучшают репродукционные процессы                            |
| Улучшают товарное качество, продлевают срок годности продукта          | Увеличивают выработку молока                                 |
| Повышают устойчивость к стрессу, засухе, засоленности и морозам        | Снижают температуру тела при тепловом стрессе                |
| Препятствуют развитию бактериальных и грибковых заболеваний            | Приводят к благоприятным изменениям желудочно-кишечной флоры |
| Помогают в борьбе с вредителями, почвенными нематодами                 | Изменяют структуру отложения жира                            |
| Оказывают адьювантное действие в смесях пестицидов                     | Продлевают срок хранения продукции                           |

### Использование анфельции тобучинской в растениеводстве

Загрязнение окружающей среды химическими удобрениями и пестицидами прямо или косвенно связано с проблемами здоровья человека [Chatzissavvidis, Therios, 2014]. Поэтому во всем мире наблюдается тенденция к переходу от традиционного сельского хозяйства, основанного на применении химикатов, к органическому или альтернативному сельскому хозяйству. Неблагоприятное воздействие неорганических удобрений на почву и окружающую среду мотивирует поиск новых биологических препаратов и биоудобрений [Metting et al., 1990; Colavita et al., 2011]. В последние десятилетия значительно возрос интерес к сельскохозяйственному использованию морских водорослей в компостах из-за увеличения биомассы водорослей в результате прогрессирующей эвтрофикации некоторых прибрежных экосистем [Morand, Briand, 1996]. Более того, поскольку учащение биотических и абиотических стрессов, вероятно, связанных с изменением климата, приведет к дальнейшему снижению урожайности сельскохозяйственных культур, приоритетными становятся исследования по разработке устойчивых методов смягчения этих стрессов [Khan et al., 2009]. Недавние исследования показали, что экстракты морских водорослей защищают растения от ряда биотических и абиотических стрессов и могут применяться в полевых условиях [Khan et al., 2009].

В течение последних 60 лет морские водоросли широко используются в качестве удобрения для улучшения роста растений и повышения урожайности [Craigie, 2011]. Они содержат осмолиты (например, бетаин), гормоны (ауксин, цитокинин, абсцизовая кислота и др.), минералы (карбонат кальция). Кроме того, морские водоросли синтезируют полисахариды, которые проявляют разнообразную биологическую активность и участвуют в защитных механизмах как растений, так и животных [Chatzissavvidis, Therios, 2014]. Эти и другие вещества морских растений (например, полифенолы, галогенсодержащие соединения, лектины) дают устойчивость к многочисленным стрессам, таким как засуха, мороз, вирусные и грибковые заболевания.

Известно, что растения, выращенные на почвах, обработанных компостом из морских водорослей или экстрактами из них, проявляют широкий спектр реакций.

Положительные реакции включают улучшенную всхожесть семян, развитие корневой системы, темпы роста растений и устойчивость к патогенам. Кроме того, для большого числа как травянистых, так и деревянистых видов культур отмечены преимущества в формировании цветов, производстве плодов и товарных качеств плодов [Chatzissavvidis, Therios, 2014].

Традиционно прибрежные страны используют морские водоросли в качестве удобрения и для улучшения структуры почвы [McKinnon et al., 2000]. Удобряющий эффект компостированных морских водорослей зависит от их биохимического состава, характера минерализации и синхронизации этих веществ в соответствии с потребностью растений [Naq et al., 2011]. Помимо удобрительного эффекта, компост из морских водорослей может действовать в качестве кондиционера для почвы. В наши дни в качестве почвенных добавок чаще применяют сушеные и измельченные водоросли. Добавление морских водорослей улучшает качество почвы и активность почвенных микробов. Положительный эффект от применения морских водорослей в органическом земледелии признан во всем мире [Metting et al., 1990].

С этой точки зрения особое внимание привлекает огромное количество морских водорослей, образующих штормовые выбросы. Возможность применения этой биомассы в земледелии не только избавляет от экологических кризисов, но и значительно повышает ее ценность как сырья для промышленной переработки [Ali et al., 2021]. В нашей стране в Японском море наиболее экономически выгодным сырьем для улучшения качества почвы являются штормовые выбросы анфельции тобучинской. Они являются оптимальным вариантом растительного сырья по содержанию азота, йода, макро- и микроэлементов для применения в качестве органического удобрения [Aminina et al., 2021]. Исследования влияния анфельции на развитие сельскохозяйственных растений проводили с использованием сушеных измельченных водорослей. В результате биологических испытаний установлено, что штормовые выбросы водоросли оказывают заметное действие на рост и развитие такой культуры, как кресс-салат [Aminina et al., 2021]. Внесение удобрения из анфельции положительно влияло на структуру почвы и на скорость развития растений. Эффективность применения удобрения из анфельции зависела от размера её частиц. Оптимальные условия для развития кресс-салата в условиях защищенного грунта были созданы при использовании анфельции со степенью измельчения от 1 до 5 мм. Масса собранного урожая при этом была максимальной, в среднем на 87 % выше, чем в контроле. Установлено положительное влияние удобрения из анфельции на качество продукции [Aminina et al., 2021]: в образцах кресс-салата отмечается увеличение содержания минеральных веществ в целом и отдельных элементов (калия, кальция, марганца и др.). Особенно значимым является факт накопления в листьях кресс-салата йода — до 12–17 мг/100 г (на сухой вес) — при использовании измельченной анфельции менее 5 мм.

Результаты этих исследований подтверждаются данными по влиянию удобрения из анфельции на культуру салата сорта Московский парниковый в условиях открытого грунта [Аминина и др., 2023]. Внесение в почву измельченной анфельции оказывает ростостимулирующий эффект на растения салата и приводит к повышению его продуктивности и урожайности. Внесение удобрений в почву приводит к увеличению высоты и диаметра розетки, высоты растений и количества листьев. При этом наблюдаются изменения в метаболизме растений: в листьях салата повышается содержание минеральных веществ, усиливается обмен азотистых веществ, накапливается йод — до 10 мг/100 г (на сухой вес).

Удобрение из анфельции влияет также на физиологическое состояние и химический состав растений огурца [Аминина и др., 2022]. В результате проведенных испытаний отмечено увеличение общей длины боковых побегов, количества и площади листьев, количества мужских и женских цветов, что приводит к повышению урожайности этой культуры. Одновременно с этим в листьях огурца увеличивается количество

азота, йода и легкогидролизуемых полисахаридов, а в плодах снижается содержание клетчатки. Это свидетельствует о влиянии анфельции на метаболизм овощной культуры и, следовательно, на качество плодов. Установлено, что лучшие результаты получены при внесении в почву удобрения анфельции с размером частиц менее 1 мм в расчете 15 г/растение.

В последнее время большое внимание в научной литературе уделяется экстрактам на основе морских водорослей. Исследования показали, что эти сложные смеси содержат биостимулирующие соединения, такие как различные формы углеводов, аминокислоты, небольшие количества фитогормонов, осмопротекторы и белки [Khan et al., 2009; Du Jardin, 2015]. Экстракты морских водорослей содержат также большое количество органических веществ, а также неорганических элементов. Положительные результаты были получены при исследовании влияния внекорневой обработки экстрактом из анфельции тобучинской на томаты (гибрид «Тоггег F1») в условиях защищенного грунта [Калиман и др., 2020]. Даже после однократного опрыскивания экстрактом анфельции растений в фазе плодоношения наблюдались изменения в скорости роста и количестве плодов. Показано, что степень влияния на культуру томата зависит от концентрации экстрактивных веществ. При использовании 10 %-ного экстракта растения томата увеличили силу роста на 48 %, а количество плодов — на 18 % по сравнению с контролем [Калиман и др., 2020].

Положительные эффекты от продуктов из морских водорослей зависят от вида водорослей, качества и состава экстракта, а также от способа получения и частоты применения [Ali et al., 2021]. Все усиленные эффекты физиологического воздействия на растения наблюдались только при использовании цельного экстракта, что подчеркивает синергетическую активность компонентов экстракта морских водорослей на рост и функции растений [Ali et al., 2021].

### **Заключение**

Таким образом, анфельция тобучинская — эндемичный вид Дальнего Востока — является уникальным сырьем для производства агара и агарозы, а также других продуктов в виде пищевых и кормовых добавок, удобрений и биостимуляторов. Своеобразный химический состав морских водорослей является обнадеживающей предпосылкой для их широкого вовлечения в практическое использование в растениеводстве. Промысловый запас анфельции в зал. Измены на уровне 70 тыс. т дает возможность для крупнотоннажного производства пищевого агара, но необходимо повысить его рентабельность за счет внедрения комплексной переработки сырья и совершенствования технологии агара. В Приморском крае сохраняется стабильный запас водоросли, позволяющий организовать выпуск микробиологического агара и других продуктов пищевого и кормового назначения, а также значительный объем штормовых выбросов, которые являются перспективным сырьем для получения удобрений.

Как возобновляемые биоресурсы, морские водоросли безусловно могут обеспечить сырьем постоянно растущие потребности производства продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности. Мероприятия по сбору штормовых выбросов способствуют максимально эффективному использованию имеющейся сырьевой базы анфельции. Следовательно, исследования и разработки в этих направлениях должны продолжаться, чтобы максимально использовать потенциальную полезность морских водорослей для развития пищевой промышленности и сельского хозяйства.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам. Их конструктивные замечания в значительной мере способствовали повышению качества данной статьи.

The authors are grateful to the reviewers, whose constructive comments have contributed greatly to improvement of the manuscript.

## Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsor funding.

## Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The article does not concern to animal studies.

The authors declare that they have no conflict of interest.

## Список литературы

Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Караулова Е.П., Якуш Е.В. Содержание полифенолов и антиоксидантная активность экстрактов из некоторых видов морских водорослей // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 189. — С. 184–191. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-189-184-191.

Аминина Н.М., Галкина А.Н., Пак Х.Е., Ким Е.К. Биологическая активность экстрактов бурых и красных водорослей // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки : мат-лы Третьей Междунар. науч.-практ. конф. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2009. — С. 161–165.

Аминина Н.М., Киртаева Т.Н., Кадникова И.А. и др. Влияние удобрений из морских водорослей на биометрические показатели и химический состав растений салата московский парниковый // Современное состояние органического сельского хозяйства в мире [Электронный ресурс] : мат-лы Междунар. круглого стола / отв. ред. И.И. Бородин. — Уссурийск, 2023. — С. 113–118. Режим доступа: <http://www.primacad.ru/images/files/books/2023/OSH23.pdf>

Аминина Н.М., Киртаева Т.Н., Кадникова И.А., Дуденко Г.А. Влияние красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* на биометрические показатели и химический состав растений огурца сорта Восток // Аграрный вестник Приморья. — 2022. — № 2(26). — С. 5–11.

Балконская Л.А., Евсеева Н.В. Состояние ресурсов анфельции тобучинской в Сахалинской области // Мат-лы 11-го съезда Рус. ботан. о-ва «Ботанические исследования в Азиатской России». — Барнаул : АзБука, 2003. — Т. 1. — С. 78–79.

Белякова И.А., Чернявская С.Л., Есина Л.М. и др. Возможные направления использования штормовых выбросов макрофитов Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна (обзор) // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2020. — Т. 3, № 4. — С. 77–88. DOI: 10.47921/2619-1024\_2020\_3\_4\_77.

Вилкова О.Ю. Место России в мировой добыче морских водорослей // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. — 2010. — № 3. — С. 4–8.

Галанин Д.А., Прохорова Н.Ю. Современные ресурсы промысловых беспозвоночных и водорослей лагуны Буссе (о. Сахалин) и перспективы их рационального использования // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития : мат-лы 1-й Междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИРО, 2023. — С. 88–93.

Дзизюров В.Д., Кулепанов В.Н., Жильцова Л.В. Заросли анфельции в заливе Петра Великого и подходы к их рациональной эксплуатации // Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков : тез. докл. 2(10) съезда Русского бот. общества. — СПб. : Ботан. ин-т РАН, 1998. — Т. 2. — С. 93.

Евсеева Н.В. Динамика состояния ценопопуляции *Ahnfeltia tobuchiensis* (Ahnfeltiaceae) в заливе Измены острова Кунашир (южные Курильские острова) // Раст. ресурсы. — 2014. — Т. 50, № 4. — С. 513–525.

Евсеева Н.В. Современное состояние ресурсов анфельции тобучинской Сахалино-Курильского региона и перспективы их рационального использования // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : мат-лы 7-й всерос. науч.-практ. конф. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2016. — С. 85–88.

Евсеева Н.В., Матюшкин В.Б., Березина М.О. и др. Состояние ресурсов и промысел водорослей и морских трав в морях России в 2000–2020 гг. // Тр. ВНИРО. — 2024. — Т. 195. — С. 232–248. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-232-248.

Жильцова Л.В., Дзизюров В.Д., Галак И.И. Современное состояние промысла анфельции тобучинской *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. в Приморье // Вопр. рыб-ва. — 2006. — Т. 7, № 1(25). — С. 126–136.

**Жильцова Л.В., Приходченко А.В.** Рациональный подход к сбору штормовых выбросов анфельции в Приморье // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования : мат-лы 2-й Нац. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМТУ». — Симферополь : ИТ «Ариал», 2019. — С. 300–305.

**Звалинский В.И., Силкин В.А.** Оценка годовой продукции пласта промыслового поля анфельции в проливе Старка // Биология анфельции. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. — С. 84–91.

**Зими́на Л.С., Кушева О.А., Врищ Э.А.** Пути использования отходов агарового производства в народном хозяйстве // Проблемы технологии переработки нетрадиционного сырья из объектов дальневосточного промысла. — Владивосток : ТИНРО, 1989. — С. 111–115.

**Калиман Н.С., Аминина Н.М., Кириленко Н.С.** Изучение влияния экстракта анфельции тобучинской на растение томата гибридного «Тоггеге F1» в условиях защищенного грунта // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока : мат-лы 4-й Нац. (Всерос.) науч.-практ. конф. : в 4 ч. — Уссурийск : Приморская ГСХА, 2020. — Ч. 3. — С. 98–106.

**Кизеветтер И.В., Грюнер В.С., Евтушенко В.А.** Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1967. — 416 с.

**Кузнецов М.Ю., Жильцова Л.В., Убарчук И.А., Сыроваткин Е.В.** Гидроакустические исследования запасов и распределения морской водоросли анфельции тобучинской *Ahnfeltia tobuchiensis* в заливе Петра Великого // Вопр. рыб-ва. — 2014. — Т. 15, № 1. — С. 140–150.

**Кулепанов В.Н., Дзизюров В.Д., Жильцова Л.В.** Современное состояние полей *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. в заливе Петра Великого (Японское море) // Раст. ресурсы. — 1999. — Т. 35, № 1. — С. 116–122.

**Новожилов А.В.** Влияние гидродинамических условий на структуру и продуктивность природных полей анфельции тобучинской : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 1989. — 25 с.

**Огородников В.С., Сергеенко В.А.** История промысла и состояние запасов анфельции лагуны Буссе // Рыб. хоз-во. — 2001. — № 1. — С. 34–35.

**Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана** / отв. ред. Л.Н. Бочаров, И.В. Мельников. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 231 с.

**Подкорытова А.В., Архипов Л.О., Межонов А.В.** Морские водоросли-макрофиты и их роль в решении проблем продовольственного и фармацевтического обеспечения населения России в современных условиях // Теория и практика мировой науки. — 2022. — № 12. — С. 109–113.

**Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Бурова Н.В., Усов А.И.** Перспективные направления рационального использования промысловых красных водорослей рода *Ahnfeltia*, добываемых в прибрежных зонах морей России // Тр. ВНИРО. — 2019. — Т. 176. — С. 14–26.

**Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Родина Т.В.** Комплексная ресурсосберегающая технология переработки красных водорослей *Ahnfeltia plicata*, Белое море: получение агара, пищевых волокон и кормовых продуктов // Тр. ВНИРО. — 2016. — Т. 159. — С. 130–142.

**Ресурсы и национальное использование морских водорослей и трав дальневосточных морей России** : моногр. / под общ. ред. В.Н. Акулина. — Владивосток : ТИНРО, 2020. — 268 с.

**Сарочан В.Ф.** Изучение анфельции в лагуне Буссе с помощью водолазной техники // Морские подводные исследования. — М. : Наука, 1969. — С. 120–126.

**Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф., Фоменко С.Е.** Влияние липидного комплекса из морской красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* на метаболические реакции печени при экспериментальном токсическом гепатите // Изв. РАН. Сер. биол. — 2022. — № 1. — С. 5–14. DOI: 10.31857/S1026347022010140.

**Станишевский П.А.** Проблемы в организации промысла и сбора штормовых выбросов анфельции в Приморье в 2020 г. и пути их решения // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : мат-лы 4-й Нац. науч.-техн. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2021. — С. 134–138.

**Технохимическая характеристика и рациональное использование промысловых гидробионтов Дальневосточного бассейна** : моногр. / В.Н. Акулин, Н.М. Аминина, Е.П. Караулова и др. — Владивосток : ТИНРО, 2023. — 233 с.

**Титлянов Э.А., Новожилов А.В., Буторин П.В.** Естественные поля анфельции в проливе Старка Японского моря и рекомендации по их рациональной эксплуатации // Биол. моря. — 1986. — № 5. — С. 58–66.

**Титлянов Э.А., Новожилов А.В., Чербаджи И.И.** Анфельция тобучинская: биология, экология, продуктивность : моногр. — М. : Наука, 1993. — 224 с.

**Умудова Л.Л.** Динамика запасов анфельции в заливе Петра Великого (1975–1979 гг.) // Промысловые водоросли и их использование. — М. : ВНИРО, 1981. — С. 64–67.

**Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г. и др.** Сравнительное исследование липидного состава, содержания полифенолов и антирадикальной активности некоторых представителей морских водорослей // Физиол. растений. — 2019. — Т. 66, № 6. — С. 452–460. DOI: 10.1134/S0015330319050051.

**Ali O., Ramsubhag A., Jayaraman J.** Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production // Plants. — 2021. — Т. 10(3). — P. 531–558. DOI: 10.3390/plants10030531.

**Aminina N.M., Kirtaeva T.N., Kadnikova I.A. et al.** The influence of red algae *Ahnfeltia tobuchiensis* on the growth and development of cress salad under protected ground // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — Iss. 723. Art. 022025. DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022025.

**Cardozo K.H., Guaratini T., Barros M.P. et al.** Metabolites from algae with economical impact // Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol. — 2007. — Vol. 146 (1–2). — P. 60–78. DOI: 10.1016/j.cbpc.2006.05.007.

**Chan C., Ho C., Phang S.** Trends in seaweed research // Trends in Plant Science. — 2006. — Vol. 11(4). — P. 165–166. DOI: 10.1016/j.tplants.2006.02.003.

**Chatzissavvidis C.A., Therios I.N.** Role of algae in agriculture // Seaweeds: agricultural uses, biological and antioxidant agents. — Nova Science Publishers, Inc., 2014. — P. 1–38.

**Colavita G.M., Spera N., Blackhall V., Sepulveda G.M.** Effect of seaweed extract on pear fruit quality and yield // Acta Horticulturae. — 2011. — Vol. 909. — P. 601–607. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.909.72.

**Craigie J.S.** Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture // J. Appl. Phycol. — 2011. — Vol. 23. — P. 371–393. DOI: 10.1007/s10811-010-9560-4.

**Du Jardin P.** Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation // Sci. Hortic. (Amst.). — 2015. — Vol. 196. — P. 3–14. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.021.

**Haq T., Khan F.A., Begum R., Munshi A.** Bioconversion of drifted seaweed biomass into organic compost collected from the Karachi Coast // Pakistan Journal of Botany. — 2011. — Vol. 43(6). — P. 3049–3051.

**Jiao G., Yu G., Zhang J., Ewart H.S.** Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae // Mar. Drugs. — 2011. — Vol. 9(2). — P. 196–223. DOI: 10.3390/md9020196.

**Jiménez-Escrig A., Sánchez-Muniz F.J.** Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism // Nutrition research. — 2000. — Vol. 20, Iss. 4. — P. 585–598. DOI: 10.1016/S0271-5317(00)00149.

**Khan W., Rayirath U.P., Subramanian S. et al.** Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development // J. Plant Growth Regul. — 2009. — Vol. 28. — P. 386–399. DOI: 10.1007/s00344-009-9103-x.

**Lordan S., Ross R.P., Stanton C.** Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases // Mar. Drugs. — 2011. — Vol. 9(6). — P. 1056–1100. DOI: 10.3390/md9061056.

**Mabeau S., Fleurence J.** Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects // Trends in Food Science & Technology. — 1993. — Vol. 4, Iss. 4. — P. 103–107. DOI: 10.1016/0924-2244(93)90091-N.

**McHugh D.J.** A Guide to the Seaweed Industry : FAO Fisheries Technical Paper 441. — Rome, 2003. — 105 p.

**McKinnon K., Holm A., Henriksen T.** Tang som gjødsel: praktiske erfaringer og forsøk. — NORSØK — GAN Forlag AS, 2000. — 30 p. (in Norwegian).

**Metting B., Zimmerman W.J., Crouch I.J., Van Staden J.** Agronomic uses of seaweed and microalgae // Introduction to applied phycology / I.A. Katsuka (ed.). — SPB, The Hague, the Netherlands, 1990. — P. 589–627.

**Morand P., Briand X.** Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance // Bot. Mar. — 1996. — Vol. 39. — P. 491–516. DOI: 10.1515/botm.1996.39.1-6.491.

**Nwosu F., Morris J., Lund V.A. et al.** Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic-rich extracts from edible marine algae // Food Chem. — 2011. — Vol. 126, Iss. 3. — P. 1006–1012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.11.111.

**Pangestuti R., Kim S.K.** Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae // *J. Funct. Foods*. — 2011. — Vol. 3, Iss. 4. — P. 255–266. DOI: 10.1016/j.jff.2011.07.001.

**Rajapakse N., Kim S.K.** Nutritional and Digestive Health Benefits of Seaweed // *Advances in Food and Nutrition Research*. — 2011. — Vol. 64. — P. 17–28. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8.

**Skriptsova A.V., Zhigadlova G.G.** A revision of the red algal genus *Ahnfeltia* on the Russian coast of the North Pacific // *Phycologia*. — 2022. — Vol. 61, Iss. 4. — P. 396–402. DOI: 10.1080/00318884.2022.2061154.

**Thomas N.V., Kim S.K.** Beneficial effects of marine algal compounds in cosmeceuticals // *Mar. Drugs*. — 2013. — Vol. 11(1). — P. 146–164. DOI: 10.3390/md11010146.

## References

**Aminina, N.M., Vishnevskaya, T.I., Karaulova, E.P., and Yakush, E.V.**, Content of polyphenols and antioxidant activity of extracts from certain species of seaweeds, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 189, pp. 184–191. doi 10.26428/1606-9919-2017-189-184-191

**Aminina, N.M., Galkina, A.N., Pak, He.E., and Kim, E.K.**, Biological activity of brown and red algae extracts, in *Marine coastal ecosystems. Seaweeds, invertebrates and products of their processing* : Proc. of Third Intern. Sci.-Pract. Conf., Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2009, pp. 161–165.

**Aminina, N.M., Kirtayeva, T.N., Kadnikova, I.A., Dudenko, G.A., and Tuichiev, M.Yu.**, The effect of fertilizers from seaweed on biometric indicators and chemical composition of lettuce plants Moscow greenhouse, in *Sovremennoye sostoyaniye organicheskogo sel'skogo khozyaystva v mire* (Current state of organic agriculture in the world [Electronic resource]: materials of the International. round table), Borodin, I.I., ed., Ussuriysk, 2023, pp. 113–118. URL: <http://www.primacad.ru/images/files/books/2023/OSH23.pdf>

**Aminina, N.M., Kirtaeva, T.N., Kadnikova, I.A., and Dudenko, G.A.**, Influence of red alga *Ahnfeltia tobuchiensis* on the biometric parameters and chemical composition of Vostok cucumber plants, *Agrarnyy vestnik Primor'ya*, 2022, no. 2(26), pp. 5–11.

**Balkonskaya, L.A. and Evseeva, N.V.**, State of the resources of *Ahnfeltia tobuchinskaya* in the Sakhalin region, in *Mater. 11 S'ezda Russ. bot. o-va. "Botanicheskiye issledovaniya v Aziatskoi Rossii"* (Proc. 11<sup>th</sup> Meet. Bot. Soc. "Botanical Research in Asian Russia"), Barnaul: AzBuka, 2003, vol. 1, pp. 78–79.

**Belyakova, I.A., Chernyavskaya, S.L., Esina, L.M., Bogomolova, V.V., and Krivonos, O.N.**, Prospective uses of the macrophyte storm debris in the wrack zone of the Azov and Black Sea fishery basin (review), *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2020, vol. 3, no. 4, pp. 77–88. doi 10.47921/2619-1024\_2020\_3\_4\_77

**Vilkova, O.Yu.**, Russia's place in the world production of seaweed, *Rybprom: tekhnologii i oborudovaniye dlya pererabotki vodnykh bioresurov*, 2010, no. 3, pp. 4–8.

**Galanin, D.A. and Prokhorova, N.Yu.**, Modern resources of commercial invertebrates and algae of the Busse Lagoon (Sakhalin Island) and prospects for their rational use, in *Mater. 1 Mezhdunar. nauch.-prakt. Konf. "Rybokhozyaystvennyy kompleks Rossii: problemy i perspektivy razvitiya"* (Proc. of the 1<sup>st</sup> Intern. Sci. and Prac. Conf. "Fishery industry of Russia: problems and development prospects"), Moscow: VNIRO, 2023, pp. 88–93.

**Dzizyurov, V.D., Kulepanov, V.N., and Zhiltsova, L.V.**, Thickets of *Ahnfeltia* in Peter the Great Bay and approaches to their rational exploitation, in *Problems of the botanical sciences at the boundary of XX–XXI centuries*: abstracts of the II(X) Congress of the Russian Botanical Society, St. Petersburg: Komarov Botanical Institute, 1998, vol. 2, pp. 93.

**Yevseeva, N.V.**, Dynamics of coenopopulation status of *Ahnfeltia tobuchiensis* (Ahnfeltiaceae) in the Izmena Bay of Kunashir Island (Southern Kuriles Islands), *Rastitelnye Resursy*, 2014, vol. 50, no. 4, pp. 513–525.

**Evseeva, N.V.**, Current state of *Ahnfeltia tobuchinskaya* resources in the Sakhalin-Kuril region and prospects for their rational use, in *Mater. 7 Vseros. Nauch.-Prakt. Conf. "Prirodnyye resursy, ikh sovremennoye sostoyaniye, okhrana, promyslovoye i tekhnicheskoye ispol'zovaniye"* (Proc. 7<sup>th</sup> All-Russ. Sci. Pract. Conf. "Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use"), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskii Gos. Tekh. Univ., 2016, pp. 85–88.

**Evseeva, N.V., Matyushkin, V.B., Berezina, M.O., Melnik, R.A., Levitsky, A.L., Vlasov, D.O., Saenko, E.M., Zhiltsova, L.V., Belyj, M.N., Dulenin, A.A., Prokhorova, N.Y., Sologub, D.O.,**

and Botnev, D.A., State of resources and fishery of commercial seaweeds and seagrasses in the seas of Russia in 2000–2020, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 195, pp. 232–248. doi 10.36038/2307-3497-2024-195-232-248

Zhil'tsova, L.V., Dzizyurov, V.D., and Galak, I.I., The state of fishery of the *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. in Primorye, *Vopr. Rybolov.*, 2006, vol. 7, no. 1(25), pp. 126–136.

Zhil'tsova, L.V. and Prikhodchenko, A.V., A rational approach to collecting *Ahnfeltia* storm emissions in Primorye, in *Mater. 2 Nats. nauchno-prakt. konf., posvyashch. 20-letiyu kafedry ekologii morya FGBOU VO "KGMTU" "Aktual'nye problemy bioraznoobraziya i prirodopol'zovaniya"* (Proc. 2<sup>th</sup> Nat. Sci. Prakt. Conf., dedicated 20<sup>th</sup> anniversary of the Department of Marine Ecology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "KGMTU" "Actual problems of biodiversity and nature management"), Simferopol': IT "Arial", 2019, pp. 300–305.

Zvalinsky, V.I. and Silkin, V.A., Estimation of the annual production of the formation of the Anfeltsia fishing field in the Stark Strait, in *Biologiya anfel'tsii* (Biology of Anfeltsia), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1980, pp. 84–91.

Zimina, L.S., Kusheva, O.A., and Vrishch, E.A., Ways to use waste from agar production in the national economy, in *Problemy tekhnologii pererabotki netraditsionnogo syr'ya iz ob'yektov dal'nevostochnogo promysla* (Problems of technology for processing non-traditional raw materials from Far Eastern fisheries), Vladivostok: TINRO, 1989, pp. 111–115.

Kaliman, N.S., Aminina, N.M., and Kirilenko, N.S., Study of the influence of *Ahnfeltia tobuchinskaya* extract on the hybrid tomato plant "Torrero F1" in protected soil conditions, in *Rol' agrarnoy nauki v razvitiy lesnogo i sel'skogo khozyaystva Dal'nego Vostoka: mat-ly 4-y Nats. (Vseros.) nauch.-prakt. konf.: v 4 chastyakh* (The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture of the Far East: materials of the 4th National. (All-Russian) scientific-practical. conf., at 4 parts, Ussuriysk: Primorskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya, 2020, pt 3, pp. 98–106.

Kizevetter, I.V., Gruner, V.S., and Evtushenko, V.A., *Pererabotka morskikh vodorosley i drugikh promyslovnykh vodnykh rasteniy* (Processing of seaweed and other commercial aquatic plants), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1967.

Kuznetsov, M.Yu., Giltsova, L.V., Ubarchuk, I.A., and Syrovatkin, E.V., Hydroacoustic researches of distribution and stocks of seaweed *Ahnfeltia tobuchinsky Ahnfeltia tobuchiensis* in the Great Peter Bay, *Vopr. Rybolov.*, 2014, vol. 15, no. 1, pp. 140–150.

Kulepanov, V.N., Dzizyurov, V.D., and Zhil'tsova, L.V., Contemporary stage of fields of *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Mak. in the Bay of Peter the Great (Japan sea), *Rastitelnye Resursy*, 1999, vol. 35, no. 1, pp. 116–122.

Novozhilov, A.V., The influence of hydrodynamic conditions on the structure and productivity of natural fields of *Ahnfeltia tobuchinsky*, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: Inst. Biol. Morya, Dal'nevost. Otd. Akad. Nauk. SSSR, 1989.

Ogorodnikov, V.S. and Sergeyenkov, V.A., History of fishery and state of *Ahnfeltia* stocks in the Bousse lagoon, *Rybn. Khoz.*, 2001, no. 1, pp. 34–35.

*Planirovanie, organizatsiya i obespechenie issledovaniy rybnnykh resursov dal'nevostochnykh morei Rossii i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana* (Planning, Conducting and Support of Fishery Resource Studies in the Far Eastern Seas of Russia and North-West Pacific Ocean), Bocharov, L.N. and Melnikov, I.V., eds., Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2005.

Podkorytova, A.V., Arkhipov, L.O., and Mezhonov, A.V., Marine algae-macrophytes and their role in solving the problems of food and pharmaceutical provision of the population of Russia in modern conditions, *Teoriya i praktika mirovoy nauki*, 2022, no. 12, pp. 109–113.

Podkorytova, A.V., Ignatova, T.A., Burova, N.V., and Usov, A.I., Perspective directions of efficient utilization of commercial red seaweeds of the genus *Ahnfeltia* collected from the coastal waters of Russia's Seas, *Tr. Vses. Nauchno-issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 176, pp. 14–26.

Podkorytova, A.V., Ignatova, T.A., and Rodina, T.V., Complex resource-saving technology of red alga *Ahnfeltia plicata* from the White Sea: obtaining of agar, food fiber and feeding products, *Tr. Vses. Nauchno-issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 159, pp. 130–142.

*Resursy i natsional'noye ispol'zovaniye morskikh vodorosley i trav dal'nevostochnykh morey Rossii* (Resources and national use of seaweeds and herbs of the Far Eastern seas of Russia), Akulin, V.N., ed., Vladivostok: TINRO, 2020.

Sarochan, V.F., Study of *Ahnfeltsia* in Busse Lagoon using diving equipment, in *Morskiye podvodnyye issledovaniya* (Marine underwater research), Moscow: Nauka, 1969, pp. 120–126.

Spygin, V.G., Kushnerova, N.F., and Fomenko, S.E., Effect of Lipid Complex From Marine Red Algae *Ahnfeltia tobuchiensis* on the Metabolic Reactions of the Liver in Experimental Toxic Hepatitis, *Biol. Bull.*, 2022, no. 1, pp. 5–14. doi 10.31857/S1026347022010140

**Stanishevsky, P.A.**, Problems in the organization of fishing and collection of storm emissions from Anhfeltia in Primorye and ways to solve them in 2020, in *Innovatsionnoye razvitiye rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodoval'stvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii : mat-ly 4-y Nats. nauch.-tekhn. konf.* (Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring food security of the Russian Federation: materials of the 4th National. scientific-technical conf.), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2021, pp. 134–138.

**Akulin, V.N., Aminina, N.M., Karaulova, E.P., Shulgina, L.V., and Yakush, E.V.**, *Tekhnokhimicheskaya kharakteristika i ratsional'noye ispol'zovaniye promyslovykh gidrobiontov Dal'nevostochnogo basseyna* (Technochemical characteristics and rational use of commercial hydroids of the Far Eastern basin), Vladivostok: TINRO, 2023.

**Titlyanov, E.A., Novozhilov, A.V., and Butorin, P.V.**, Natural fields of anhfeltia in the Stark Strait of the Sea of Japan and recommendations for their rational exploitation, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1986, no. 5, pp. 58–66.

**Titlyanov, E.A., Novozhilov, A.V., and Cherbadzhi, I.I.**, *Anfel'tsiya tobuchinskaya: biologiya, ekologiya, produktivnost'* (Anhfeltia tobuchinskaya: biology, ecology, productivity), Moscow: Nauka, 1993.

**Umudova, L.L.**, Dynamics of Anhfeltia stocks in Peter the Great Bay (1975–1979), in *Promyslovyye vodorosli i ikh ispol'zovaniye* (Commercial Seaweeds and Their Utilization), M.: VNIRO, 1981, pp. 64–67.

**Fomenko, S.E., Kushnerova, N.F., Sprygin, V.G., Drugova, E.S., Lesnikova, L.N., Meryakov, V.Y., and Momot, T.V.**, Lipid composition, content of polyphenols, and antiradical activity in some representatives of marine algae, *Russian Journal of Plant Physiology*, 2019, vol. 66, no. 6, pp. 942–949. doi 10.1134/S1021443719050054

**Ali, O., Ramsubhag, A., and Jayaraman, J.**, Biostimulant properties of seaweed extracts in plants: implications towards sustainable crop production, *Plants*, 2021, vol. 10, no. 3, pp. 531–558. doi 10.3390/plants10030531

**Aminina, N.M., Kirtaeva, T.N., Kadnikova, I.A., Goncharenko, S.I., and Elkin, O.I.**, The influence of red algae anhfeltia tobuchiensis on the growth and development of cress salad under protected ground, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, no. 723, art. 022025. doi 10.1088/1755-1315/723/2/022025

**Cardozo, K.H., Guaratini, T., Barros, M.P., Falcão, V.R., Tonon, A.P., Lopes, N.P., Campos, S., Torres, M.A., Souza, A.O., Colepicolo, P., and Pinto, E.**, Metabolites from algae with economical impact, *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, 2007, vol. 146, no. 1–2, pp. 60–78. doi 10.1016/j.cbpc.2006.05.007

**Chan, C., Ho, C., and Phang, S.**, Trends in seaweed research, *Trends in Plant Science*, 2006, vol. 11, no. 4, pp. 165–166. doi 10.1016/j.tplants.2006.02.003

**Chatzissavvidis, C.A. and Therios, I.N.**, Role of algae in agriculture, in *Seaweeds: agricultural uses, biological and antioxidant agents*, Nova Science Publishers, Inc., 2014, pp. 1–38.

**Colavita, G.M., Spera, N., Blackhall, V., and Sepulveda, G.M.**, Effect of seaweed extract on pear fruit quality and yield, *Acta Horticulturae*, 2011, vol. 909, pp. 601–607. doi 10.17660/Acta-Hortic.2011.909.72

**Craigie, J.S.**, Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture, *J. Appl. Phycol.*, 2011, vol. 23, pp. 371–393. doi 10.1007/s10811-010-9560-4

**Du Jardin, P.**, Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation, *Sci. Hortic.* (Amst.), 2015, vol. 196, pp. 3–14. doi 10.1016/j.scienta.2015.09.021

**Haq, T., Khan, F.A., Begum, R., and Munshi, A.**, Bioconversion of drifted seaweed biomass into organic compost collected from the Karachi Coast, *Pakistan Journal of Botany*, 2011, vol. 43, no. 6, pp. 3049–3051.

**Jiao, G., Yu, G., Zhang, J., and Ewart, H.S.**, Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae, *Mar. Drugs*, 2011, vol. 9, no. 2, pp. 196–223. doi 10.3390/md9020196

**Jiménez-Escrig, A. and Sánchez-Muniz, F.J.**, Dietary fibre from edible seaweeds: Chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism, *Nutrition research*, 2000, vol. 20, no. 4, pp. 585–598. doi 10.1016/S0271-5317(00)00149

**Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. and Prithiviraj, B.**, Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development, *J. Plant Growth Regul.*, 2009, vol. 28, pp. 386–399. doi 10.1007/s00344-009-9103-x

**Lordan, S., Ross, R.P., and Stanton, C.,** Marine bioactives as functional food ingredients: potential to reduce the incidence of chronic diseases, *Mar. Drugs*, 2011, vol. 9, no. 6, pp. 1056–1100. doi 10.3390/md9061056

**Mabeau, S. and Fleurence, J.,** Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects, *Trends in Food Science & Technology*, 1993, vol. 4, no. 4, pp. 103–107. doi 10.1016/0924-2244(93)90091-N

**McHugh, D.J.,** A Guide to the Seaweed Industry, *FAO Fisheries Technical Paper 441*, Rome, 2003.

**McKinnon, K., Holm, A., and Henriksen, T.,** *Tang som gjødsel: praktiske erfaringer og forskning*, NORSØK — GAN Forlag AS, 2000 (in Norwegian).

**Metting, B., Zimmerman, W.J., Crouch, I.J., and Van Staden, J.,** Agronomic uses of seaweed and microalgae, in *Introduction to applied phycology*, Katsuka, I.A., ed., SPB, The Hague, the Netherlands, 1990, pp. 589–627.

**Morand, P. and Briand, X.,** Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance, *Bot. Mar.*, 1996, vol. 39, pp. 491–516. doi 10.1515/botm.1996.39.1-6.491

**Nwosu, F., Morris, J., Lund, V.A., Stewart, D., Ross, H.A., and McDougall, G.J.,** Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic-rich extracts from edible marine algae, *Food Chem.*, 2011, vol. 126, no. 3, pp. 1006–1012. doi 10.1016/j.foodchem.2010.11.111

**Pangestuti, R. and Kim, S.K.,** Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae, *J. Funct. Foods*, 2011, vol. 3, no. 4, pp. 255–266. doi 10.1016/j.jff.2011.07.001

**Rajapakse, N. and Kim, S.K.,** Nutritional and Digestive Health Benefits of Seaweed, *Adv. Food Nutr. Res.*, 2011, vol. 64, pp. 17–28. doi 10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8

**Skriptsova, A.V. and Zhigadlova, G.G.,** A revision of the red algal genus *Ahnfeltia* on the Russian coast of the North Pacific, *Phycologia*, 2022, vol. 61, no. 4, pp. 396–402. doi 10.1080/00318884.2022.2061154

**Thomas, N.V. and Kim, S.K.,** Beneficial effects of marine algal compounds in cosmeceuticals, *Mar. Drugs*, 2013, vol. 11, no. 1, pp. 146–164. doi 10.3390/md11010146

**Sarochan, V.F., Andreeva, M.T., and Razmakhin, A.N.,** *Rezultaty issledovaniy po opredeleleniyu zapasov i sostoyaniyu zarosley anfel'tsii v zalive Izmeny i lagune Busse i perspektivy vedeniya promysla* (Results of studies to determine the stocks and condition of *ahnfeltia* thickets in Izmena Bay and Busse Lagoon and prospects for fishing), Available from SakhNIRO, 1974, Yuzhno-Sakhalinsk, inv. no. 3075.

*Sostoyaniye promyslovykh resursov Dal'nevostochnogo rybnokhozyaystvennogo basseyna — 2023* (State of commercial resources of the Far Eastern fishery basin — 2023), Vladivostok: TINRO, 2023.

Поступила в редакцию 10.04.2024 г.

После доработки 31.05.2024 г.

Принята к публикации 5.06.2024 г.

*The article was submitted 10.04.2024; approved after reviewing 31.05.2024; accepted for publication 5.06.2024*