

# Ранжирование прибрежных акваторий Черного моря для организации марикультуры

Канд. биол. наук **А.В. Мирзоян**;  
канд. биол. наук, доцент **Д.Ф. Афанасьев**;  
канд. биол. наук **А.Ю. Виноградов**;  
канд. биол. наук, доцент **Т.О. Барабашин** – Азовский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону

@ arsenfish61@gmail.com; dafanas@mail.ru; timbar@bk.ru

**Ключевые слова:** марикультура, мидии, устрицы, ранжирование акваторий, Черное море



Предложен метод ранжирования акваторий по степени их перспективности для размещения новых и развития существующих хозяйств марикультуры. В качестве объектов для апробации метода выбраны, исследованные в 2015 г., участки прибрежной акватории Черного моря. В качестве основного направления марикультуры – развитие мидийно-устричных ферм на носителях коллекторного типа. Полученные результаты могут быть использованы для разработки рекомендаций по созданию и развитию хозяйств марикультуры на юге России.

## | Введение |

При организации морской фермы одной из первоочередных и важнейших задач является выбор участка акватории для размещения хозяйства. От правильного решения этой задачи зависит не только количество и качество получаемой продукции марикультуры, но и сама возможность нормального функционирования фермы, возврата вложенных в ее создание средств, степень финансового риска. Для минимизации рисков проводят ранжирование акваторий по степени их пригодности для организации и развития марихозяйств. Так, в странах Европейского Союза принято зонировать морские акватории по результатам исследований патогенной микрофлоры в мясе и межстворчатой жидкости диких либо культивируемых моллюсков. Зоны выделяют на основе коли-теста, то есть обсемененности образцов кишечной палочкой [1]. Результаты коли-теста могут избавить морского фермера от неоправданных вложений средств, однако при этом фермер не будет избавлен от риска недополучить продукцию из-за влияния других факторов (недостаточной кормовой базы, загрязнения среды и т.п.). Ввиду этого, при оценке пригодности акваторий для размещения объектов марикультуры, представляется более перспективным комплексный подход, учитывающий различные абиотические и биотические параметры водной среды.

В настоящей статье авторы предлагают оригинальный подход к ранжированию морских акваторий для организации хозяйств марикультуры на



Водолаз во время проведения исследований

примере исследованных в 2015 г. прибрежных районов Черного моря.

## | Критерии оценки пригодности акваторий для размещения мидийно-устричных хозяйств |

В настоящее время марикультура в российском секторе Черного моря ведется преимущественно в двух направлениях: товарное выращивание лососевых рыб и культивирование мидии и устрицы. Разработаны и апробированы биотехнологии выращивания одного вида мидий – *Mytilus galloprovincialis* L. (средиземноморская или черноморско-средиземноморская мидия) и двух видов устриц: местного аборигенного вида – *Ostrea*

Таблица 1. Классы риска и индексы перспективности акваторий для организации хозяйств марикультуры

Класс риска	Индекс перспективности (Σ баллов / макс. Σ баллов)	Примечание
Низкий	$0,75 \leq \text{ИП} \leq 1,0$	Благоприятные факторы среды в высокой степени преобладают над неблагоприятными, размещение мидийно-устричных хозяйств на участке связано с минимальным риском и незначительными дополнительными затратами
Умеренный	$0,50 \leq \text{ИП} \leq 0,74$	Размещение мидийно-устричных хозяйств на участке возможно, однако требуется постоянный контроль за определенными группами параметров среды
Высокий	$0,25 \leq \text{ИП} \leq 0,49$	Размещение мидийно-устричных хозяйств на участке рискованно из-за преобладания неблагоприятных факторов среды, для устранения которых требуются дополнительные материальные затраты
Очень высокий	$\text{ИП} < 0,25$	Размещение мидийно-устричных хозяйств на участке очень рискованно из-за высокой степени преобладания неблагоприятных факторов среды

*edulis* L. (плоская европейская или черноморская устрица) и акклиматизированного – *Crassostrea gigas* Tr. (устрица гигантская или тихоокеанская) [1]. По этой причине, в качестве основного направления марикультуры на юге России нами рассматривается создание мидийно-устричных хозяйств на носителях коллекторного типа, как наиболее простое в организации и экономически наименее рискованное для данного района.

В основу ранжирования могут быть положены следующие группы критериев:

- гидрологические и гидрохимические факторы среды (термохалинная структура, течения, повто-

ряемость штормов, оксигенация, концентрации биогенов);

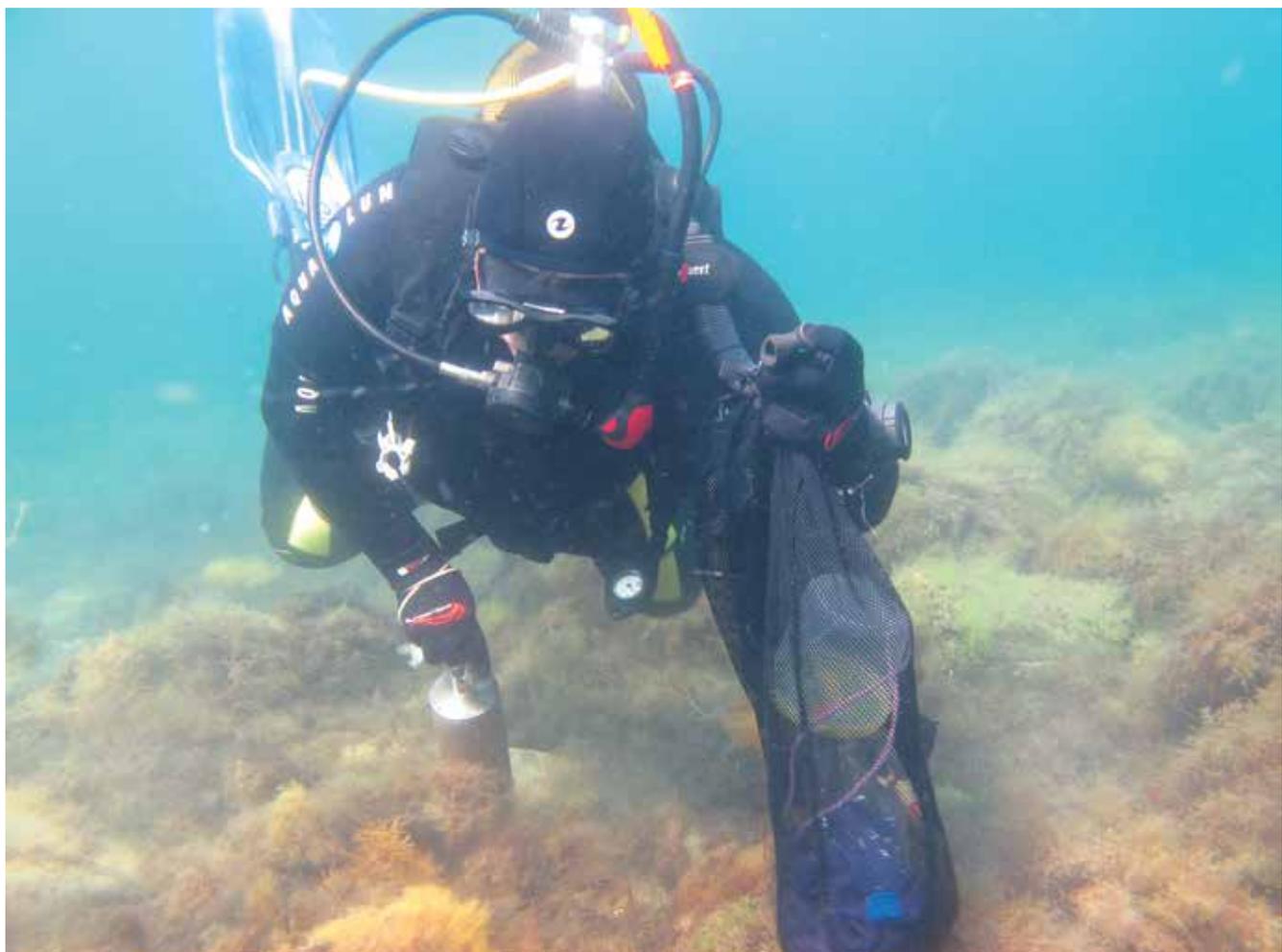
- доступность пищевого рациона (концентрация бактерио-, фито- и зоопланктона);

- наличие острого/хронического загрязнения воды;

- обсемененность кишечной палочкой (используется в ЕС);

- наличие естественных поселений моллюсков (в качестве источника спата).

Известно, что важнейшими гидрологическими параметрами участка, которые необходимо учитывать при создании хозяйств марикультуры, яв-





#### Естественные поселения мидий в Черном море

ляются особенности очертания береговой линии, рельеф дна, волнение, течения, структура формирования термогалинных характеристик. Мидийные фермы рекомендуется размещать на прибрежных участках, более или менее изолированных от влияния волн. В то же время на акватории марихозяйств должна быть достаточно хорошая циркуляция вод, т.к. течения способствуют перемещению личинок мидий с момента нереста до стадии оседания, обеспечивают аэрацию вод, приток биогенов и кормового планктона, вынос продуктов жизнедеятельности. Считается, что скорость течения в пределах 20-90 см/сек обеспечивает достаточно хорошую циркуляцию и аэрацию вод при выращивании моллюсков в условиях марикультуры [2]. Допустимым считается диапазон скорости течения в пределах 10-100 см/сек [1].

Температура воды оказывает существенное влияние на обмен веществ моллюсков, интенсивность питания, типы обмена веществ. Солевой состав вод влияет на интенсивность энергетического обмена у животных, на их рост и выживаемость [3]. По данным литературы, оптимальными условиями для выращивания черноморской мидии являются температура воды в пределах 12,0-20,0°C и соленость воды в диапазоне 16,0-18,0‰ [4]. Для личинок устриц оптимальная температура воды составляет 20-25°C, соленость 18,0-19,0‰ [2].

Важнейшими критериями для оценки перспективности участков акватории, при создании хозяйств марикультуры, являются такие *гидробиологические* показатели как состав и количественные характеристики развития фитопланктона и зоопланктона. Планктон является основой пищевого рациона моллюсков-фильтраторов – мидий и устриц. Согласно литературным данным, состав пищи мидий близок к составу планктона, взятому на месте их обитания, однако в пищевом комке отмечается и примесь бентосных форм [5]. В естественных условиях мидии потребляют детрит, диатомей, динофлагеллят, планктонных животных, в том числе – временный планктон [6]. У мидий с коллекторов фитопланктон в питании занимает не менее 20-25%, что несколько больше, чем у моллюсков с естественных поселений. По литературным данным [7; 8], для культивирования мидии средняя за вегетационный период биомасса фитопланктона должна быть не менее 300-500 мг/м<sup>3</sup>, а желательна – около 1000 мг/м<sup>3</sup>. При биомассе фитопланктона от 805 до 3500 мг/м<sup>3</sup> (средняя за вегетационный период – 1700 мг/м<sup>3</sup>), продукция мидий на коллекторах может достигать 100 т/га. Показано также, что водоросли в рационе мидий особенно важны, поскольку без их потребления моллюски не созревают [1; 7; 8]. В связи с этим, уровень развития фитопланктона, в первую очередь фракции раз-



Мидии на коллекторе в Черном море

мером более 20 мкм, является одним из важнейших критериев при выборе участков для создания хозяйств марикультуры. Совокупная средняя биомасса зоопланктона, в частности науплий и copepodов, а также планктонных инфузорий, также являющихся кормовыми для мидий, в местах организации марикультурных хозяйств должна составлять не менее 30-50 мг/м<sup>3</sup>.

Так как в Черном море встречаются токсичные и потенциально-токсичные виды микроводорослей (виды родов *Pseudonitzschia*, *Prorocentrum* и др.), необходимо учитывать их концентрацию в составе альгоценозов района исследований. Предельно допустимая концентрация (ПДК) клеток токсичных видов в воде, выше которой вводятся ограничения на вылов продукции марикультуры, в странах ЕС установлена на уровне 500 млн кл/м<sup>3</sup> [9].

Целесообразным является также исследование аборигенных донных биоценозов, прежде всего с тем, чтобы оценить состояние естественных популяций моллюсков – потенциальных объектов марикультуры, видовой и размерный состав сообществ. В ряде случаев именно естественные популяции служат источником молоди (спата), собираемого на мидийные коллекторы [1].

При выборе участков для создания хозяйств марикультуры необходимо руководствоваться также следующим перечнем, контролируемых гидрохимических параметров для рыбохозяйственных водоемов: содержание растворенного в воде кислорода, ионы аммония, нитриты, нитраты, хлорофилл «а». Насыщение воды кислородом при культивировании

личинок устриц должно быть не менее 80%, содержание аммиака, нитратов и нитритов в воде – не более 1 мг/л (1000 мг/м<sup>3</sup>) для каждого соединения [2].

Сохранение экологического благополучия водного объекта непосредственно связано с соблюдением и контролем рыбохозяйственных нормативов загрязняющих веществ, попадающих в водную среду. Перечень приоритетных веществ, загрязняющих морские и пресноводные рыбохозяйственные водные объекты, на которые установлены предельно-допустимые концентрации (ПДК<sub>р/х</sub>), должен включать содержание в донных отложениях и в воде нефтепродуктов (НП), хлорорганических пестицидов (ХОП), полихлорбифенилов (ПХБ), фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка. Особенно важно, чтобы концентрации тяжелых металлов в мясе моллюсков не превышали нормативов: ПДК (предельно допустимых концентраций), установленных в ЕС [1], или ДУ (допустимых уровней), установленных в РФ [10].

#### | Материалы и методы исследований |

В течение 2015 г. (весна, лето, осень) ФГБНУ «АзНИИРХ» проводились полевые исследования с целью разработки рекомендаций по рациональному использованию акваторий и совершенствованию технологий марикультуры в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне. В 3 комплексных экспедициях были исследованы 7 участков, расположенных в прибрежной зоне Республики Крым и в северо-восточной части черноморского побережья

Таблица 2. Ранжирование акваторий по степени перспективности для размещения хозяйств марикультуры

Участок	Группы оцениваемых параметров												Сумма баллов	Индекс перспективности (ИП)	Класс риска
	Гидрологические <sup>1</sup>			Химические <sup>2</sup>			Гидрохимические <sup>3</sup>			Гидробиологические <sup>4</sup>					
	весна	лето	осень	весна	лето	осень	весна	лето	осень	весна	лето	осень			
Озеро Донузлав	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,83	Низкий
Мыс Малый Утриш	0	-*	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	3	0,75	Умеренный
Бухта Ярылгачская	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	8	0,67	Умеренный
Бухта Караджинская	0**	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7	0,58	Умеренный
Поселок Кацивели	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	7	0,58	Умеренный
Бухта Инал	0	-	-	1	-	-	1	-	-	0	-	-	2	0,50	Высокий
Бухта Двужакорная	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	5	0,42	Высокий

Примечание: \* - пробы не отбирали

\*\* - курсивом выделены факторы, которые могут лимитировать развитие хозяйств марикультуры на участке.

Критерии оценки (оптимальные условия для выращивания черноморской мидии):

<sup>1</sup> Гидрологические: температура воды 10-25°C, соленость 17-19‰, скорость течения 10-100 см/с

<sup>2</sup> Химические: содержание поллютантов (НП, ХОП, ПХБ, ТМ) в воде не выше ПДК, в мягких тканях моллюсков не выше ДУ для мяса моллюсков (РФ): свинец – 10 мг/кг, кадмий – 2 мг/кг

<sup>3</sup> Гидрохимические: рН 8,1-8,55, насыщение воды кислородом не менее 80%, содержание аммонийного, нитратного и нитритного азота в воде не выше ПДК для каждого соединения

<sup>4</sup> Гидробиологические: биомасса фитопланктона в пределах 170-1000 мг/м<sup>3</sup> при преобладании в видовом составе диатомовых, динофитовых и золотистых (кокколитофорид) микроводорослей, биомасса кормового зоопланктона не менее 30 мг/м<sup>3</sup>, численность токсичных микроводорослей менее 500 млн. кл/м<sup>3</sup>, общая численность бактериопланктона не более 5 млн. кл/мл, численность сапрофитных бактерий не более 5 тыс. кл./мл

Кавказа, в том числе – бухты Ярылгачская, Караджинская, Двужакорная, Инал, озеро Донузлав, акватория у пос. Кацивели и у мыса Малый Утриш. На каждом участке собраны материалы по гидрологической, гидрохимической и гидробиологической характеристике, а также данные по загрязнению воды и донных отложений поллютантами. *Гидрометеорологические*

исследования включали определение следующих показателей: волнение, облачность, наличие атмосферных осадков, температура воздуха, направление и скорость ветра, температура воды, соленость, прозрачность и цвет воды, направление и скорость течений. *Гидрохимические* исследования включали определение в поверхностном и придон-





#### Фитоценозы бурых водорослей в Черном море

ном горизонтах водной толщи растворённого кислорода, хлорофилла, рН, Eh, кремниеслоты, ионов аммония, нитритного азота, нитратного азота, общего фосфора и общего азота. *Гидробиологические* исследования включали определение показателей бактериопланктона и бактериобентоса (общая численность, биомасса, численность сапрофитов), фитопланктона, зоопланктона, фитобентоса, зообентоса (численность, биомасса, видовой состав). Исследования содержания приоритетных загрязняющих веществ включали определение в воде, донных отложениях и мясе моллюсков НП, ХОП, ПХБ и ТМ (цинк, медь, свинец и кадмий).

#### **| Методология ранжирования акваторий по их перспективности для организации хозяйств марикультуры |**

Для ранжирования акваторий для организации марикультуры рассчитывали индекс перспективности участков и устанавливали для акваторий классы риска развития марикультуры по комплексу гидрологических, гидрохимических, химико-аналитических и гидробиологических параметров. Для расчета индекса перспективности акватории в каждый из периодов исследований, по каждой из исследованных групп параметров (всего 4 группы), участкам присваивались баллы. В случае, если исследованные показатели в каждой из групп параметров в указанный сезон года соответствовали вышеперечисленным критериям

пригодности акватории для размещения хозяйств марикультуры, участку присваивался 1 балл (исследованная группа параметров оптимальна для размещения и развития хозяйств марикультуры (мидийно-устричных ферм) в данный сезон года). Если хотя бы один показатель из группы на участке не соответствовал критерию, участку не присваивались баллы (0 баллов – исследованная группа параметров не соответствует оптимуму для развития мидийно-устричных хозяйств в данный сезон года). Так, например, при анализе гидробиологических показателей, участку присваивался балл, если биомассы фитопланктона и зоопланктона на участке были не ниже минимально необходимых для роста и развития моллюсков в условиях крупномасштабного культивирования. Если биомасса фитопланктона или зоопланктона не соответствовала минимально необходимому уровню, участку баллов по гидробиологическим параметрам в этот сезон не присваивалось. В случае высокой численности токсичных микроводорослей на акватории и высокого уровня численности бактерий в воде или донных отложениях баллов участку также не присваивали.

Индекс перспективности (ИП) рассчитывался по формуле:  $ИП = \frac{\text{сумма баллов}}{\text{максимально возможную сумму баллов}} = \frac{\sum \text{баллов}}{\text{макс. } \sum \text{баллов}}$ . В исследованиях 2015 г. максимально возможное количество баллов для акваторий, расположенных у побережья Крыма было равно 12 (3 съемки

\* 4 группы параметров), для акваторий у побережья Кавказа возможное количество баллов равно 4 (1 съемка \* 4 группы параметров). Значения индекса перспективности акватории для развития хозяйств марикультуры были сгруппированы по четырем классам риска развития хозяйств марикультуры (табл. 1). «Очень высокому» классу риска (IV) соответствует значение индекса перспективности от 0,00 до 0,25 (размещение мидийно-устричных хозяйств на участке не рекомендуется). «Высокому» классу риска (III) соответствует значение индекса перспективности от 0,26 до 0,50 (размещение мидийно-устричных хозяйств на участке рискованно). «Умеренному» классу риска (II) соответствует значение индекса перспективности от 0,51 до 0,75 (размещение мидийно-устричных хозяйств на участке возможно). «Низкому» классу риска (I) соответствует значение индекса перспективности от 0,56 до 1,00 (размещение мидийно-устричных хозяйств на участке связано с минимальным риском).

### | Результаты ранжирования акваторий для организации хозяйств марикультуры |

Из 7, исследованных в 2015 г., участков наиболее перспективным для развития мидийно-устричных хозяйств является оз. Донузлав, акватории которого присвоен наиболее высокий индекс перспективности (0,83) и, соответственно, «низкий» класс риска для организации хозяйств марикультуры (рис. 1, табл. 2). Участкам акватории, расположенным в бухтах Ярылгачская и Караджинская, а также в районе пос. Качивели присвоен класс риска «умеренный». При этом фактором, который может лимитировать развитие марикультуры в бухте Караджинская являются очень низкие скорости течений, из-за чего возможны быстрая эвтрофикация акватории и ухудшение других параметров среды в условиях интенсивной марикультуры. Из участков Крымского побережья бухта Двужорная в 2015 г. получила самый низкий рейтинг, ей присвоен класс риска «высокий» из-за низких показателей биомассы кормового фитопланктона (прогнозируется низкая урожайность марихозяйств) и хронического загрязнения воды участка нефтепродуктами. Из участков Кавказского побережья участку в районе м. М. Утриш присвоен класс риска «умеренный», бухте Инал присвоен класс риска «высокий» (низкие скорости течений и низкая биомасса фитопланктона).

Необходимо отметить, что адекватно оценить состояние участков по результатам исследований одного года вряд ли возможно, поэтому настоящие оценки следует считать предварительными. Предложенная методика расчета индексов перспективности акваторий и классов риска для размещения хозяйств марикультуры подразумевает увеличение точности оценки при увеличении длительности рядов данных, а также увеличении плотности станций наблюдений. В конечном счете, это позволит провести картирование абиотических параметров водной среды и уточнить особенности условий обитания местных гидробионтов, рассматриваемых как перспективные объекты марикультуры или кормовая база. К положительным сторонам предложенного подхода стоит отнести возможность выявления лимитирующих групп параметров среды, что важно для разработки стратегий минимизации риска при экономическом планировании.

### | ЛИТЕРАТУРА |

1. Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Черном море. Практическое руководство. Институт биологии южных морей НАНУ (ред. акад. В.Н. Еремеев). – Севастополь, 2010. 422 с.
2. Сытник Н. А. Функциональная экология плоской устрицы (*Ostrea edulis* L., 1758, Ostreidae, Bivalvia) Черного моря. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Керчь, 2014. 174 с.
3. Субботин А.А., Трощенко О.А., Щуров С.В. Общие черты и региональные отличия океанографических условий для развития марикультуры двустворчатых моллюсков в прибрежной зоне Крыма. Материалы III Международной конференции. Керчь. 2008. С. 38-44.
4. Чекменева Н.И., Субботин А.А. Гидрофизическая характеристика отдельных районов шельфовой зоны Южного берега Крыма (Черное море) // Экология моря. № 77. 2009. С. 71-76.
5. Миронов Г. Н. Фильтрационная работа и питание мидий Черного моря. Тр. Севастоп. биол. ст. 1948, 6. С. 338-352.
6. Цихон-Луканина Е. А. Питание митилид (*Bivalvia*, *Mytilidae*). Промысловые двустворчатые моллюски – мидии и их роль в экосистемах Л.: ЗИН АН СССР. 1979. С. 124-126.
7. Елецкий Б. Д. Биология и культивирование мидий в восточной части Черного моря: Монография. Краснодар: Просвещение-Юг, 2006. 200 с.
8. Николаенко С. М. Кормовая база и питание *Mutilus galloprovincialis* Lam. в Азовском море. Моллюски: результаты и перспективы их исследований. VIII Всесоюз. совещ. по изучению моллюсков. Ленинград, апрель 1987. Авторефераты докладов. Л.: Наука. Ленинградск. отд. 1987. С. 287-288.
9. Шевченко О. Г., Масленников С. И. Проблема биобезопасности продукции хозяйств морской аквакультуры России // Рыбное хозяйство. 2014. № 2. С.99-102.
10. СанПин 2.3.21078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06.11.2001 г.



### CLASSIFICATION OF THE COASTAL BLACK SEA HABITATS IN TERMS OF MARICULTURE

Mirzoyan A.V., PhD, Afanasyev D.F., PhD, Vinogradov A.Yu., PhD, Barabashin T.O., PhD – Azov Research Institute of Fisheries, [arsenfish61@gmail.com](mailto:arsenfish61@gmail.com); [dafanas@mail.ru](mailto:dafanas@mail.ru); [timbar@bk.ru](mailto:timbar@bk.ru)

A method of ranking the aquatic areas by the degree of their mariculture potential is proposed. The Black Sea coastal areas studied in 2015 is chosen for testing the method, while mussel-oyster farms with different types of collectors are assessed as the main trend of mariculture. The results obtained can be used to develop guidelines on the construction and development of mariculture farms in the Russian southern regions.

**Keywords:** mariculture, mussels, oysters, ranking of aquatic areas, Black Sea