

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК: 528.7:582.26.08

**ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОМЕТОДОВ В ИССЛЕДОВАНИИ  
РЕСУРСОВ МАКРОФИТОВ У ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

© 2013 г. О.Ю. Вилкова

Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, 107140

Статья поступила в редакцию 02.12.2011 г.

Окончательный вариант получен 08.02.2013 г.

На основе дешифрирования аэрофотоснимков прибрежной зоны черноморского побережья в пределах Российской Федерации установлено, что общая площадь дна, покрытого макроводорослями составляет около 43 км<sup>2</sup>; в наиболее богатом зарослями районе от м. Анапский до м. Идокопас площадь промысловых зарослей до глубин 5 м составляет 17,6 км<sup>2</sup>. В этом районе сосредоточен практически весь промысловый запас цистозир – 35 тыс. т., исходя из которого и следует вычислять величину возможной добычи цистозир.

*Ключевые слова:* аэрофотосъемка, дешифрирование, Черное море, макрофиты, цистозира, запасы

**ВВЕДЕНИЕ**

При оценке величины запаса донных гидробионтов, в том числе макроводорослей и трав, для увеличения достоверности результата необходимо правильно определить площадь распространения изучаемого объекта. Наиболее репрезентативным методом определения границ водорослевых зарослей является аэрофотосъемка. Этот метод стал успешно применяться в 1960-е гг., когда были разработаны основы дешифрирования аэрофотоснимков морского дна в гидробиотических целях (Аэрометоды..., 1960; Применение аэрометодов..., 1961; Гурьева и др., 1968). Аэрометоды позволяют обследовать обширные территории за сравнительно короткое время. С развитием компьютерных ГИС-технологий процесс интерпретации цифровых изображений и получения конечного результата, т.е. информации по площадям и особенностям распределения объектов, значительно ускорился.

Целью наших исследований являлось определение площади распространения промысловых бурых водорослей-макрофитов цистозир (*Cystoseira barbata* и *C. crinita*) у кавказского побережья Черного моря в пределах Российской Федерации. В связи с этим решались следующие задачи:

- интерпретация и полевое дешифрирование имеющихся аэрофотоснимков;
- создание фотосхемы и векторной карты водорослевого покрова;
- расчет площадей зарослей водорослей.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА**

В работе использовались цветные цифровые аэрофотоснимки (АФС) береговой зоны Черного моря, сделанные фотокамерой высокого разрешения с вертолета. Первоначальная привязка снимков к местности осуществлялась оператором съемки непосредственно в полете по синхронизированному с фотоаппаратом GPS-приемнику.



Поскольку пока не создана единая система, адаптированная специально для обработки изображений водорослевого покрова дна, исследователи выбирают удобные для себя компьютерные программы. Для обработки снимков (масштабирования, сшивки растровых изображений, оконтуривания водорослевых зарослей, расчета площадей и проч.) нами была выбрана программа *Panorama* (Вилкова, Рой, 2008). Оконтуривание на векторной карте водорослевых зарослей производилось вручную. Структура дна, распределение вдоль берега и плотность водорослевых зарослей четко отображаются на аэрофотоснимках (рис. 1). Глубина видимости дна на АФС составляет примерно 6 м, поэтому достоверно по снимкам можно оконтурить границы водорослевых зарослей только до этой глубины. В случае, когда нижняя граница распространения водорослей на снимках не видна из-за непрозрачности толщи воды для аэрофотосъемки, она определялась по результатам водолазной съемки. Водолазная съемка осуществлялась по стандартной методике (Изучение экосистем..., 2005).



**Рис. 1.** Плановый аэрофотоснимок участка береговой зоны черноморского побережья Кавказа (а – суша, б – море). На морском дне виден полосчатый рисунок, образовавшийся грядами, созданными в результате преспирирования прочных пластов мергеля. Гряды поросли макроводорослями, что дает темный оттенок на аэрофотоснимке. Межгрядовые понижения заполнены рыхлым материалом, водорослевый покров здесь отсутствует – изображение имеет светлый оттенок.

**Fig. 1.** The aerial photograph of a section of the Caucasus Black Sea coast (a - land, b - sea). A striped pattern formed by ridges can be observed at the seabed. These ridges are created by a dissection of a strong mergel layers. The ridges are overgrown with seaweed which produces a darker shade on the aerial photograph. The inter-ridge space is filled with loose sediments; the seaweed cover is not present here, creating a lighter shade on the image.



На основе анализа геологической и топографической карт побережья, изображений на АФС рельефа подводного берегового склона и водорослевых зарослей пами выделено 4 района с разными условиями произрастания водорослей (рис. 2), примерно совпадающие со схемой гидробиотического районирования черноморского побережья А.А. Калугиной-Гутник (1975): I – от Таманского п-ова до м. Анапский; II – от м. Анапский до м. Идокопас; III – от м. Идокопас до м. Видный (Хоста); IV – от Хосты до р. Псоу (границы с республикой Абхазия), описанные нами ранее (Вилкова, 2005 а, б). В каждом из указанных районов, где АФС показывали наличие зарослей водорослей, выполнялись гидробиотические разрезы от 0 глубин до глубины исчезновения растительности с отбором проб с горизонтов 1-2, 3-4, 5-6, 8-9, 12 м и на границе исчезновения растений цистозиры.



**Рис. 2.** Карта-схема районирования обследованного участка черноморского побережья по характеру зарослей макроводорослей. В I районе дно сложено преимущественно песками с редкими выходами скал; здесь не образуется существенных зарослей цистозиры. Во II районе дно сложено скалами, глыбами и валунами; нижняя граница пояса цистозиры здесь находится на глубине 15,5 м, основные заросли располагаются до глубины 9-10 м. В III районе грядовый бенч захоронен под рыхлыми осадками на глубине 5-6 м; заросли водорослей прерывистые, нижняя их граница расположена на глубине 5-6 м. Дно в IV районе галечниковое и песчано-илистое; заросли водорослей здесь отсутствуют.

**Fig. 2.** The schematic zonation map of the the Black Sea surveyed area based on seaweed bed types. The bottom of region I is composed of sand and a few rocks outputs; here are no significant *Cystoseira* beds. The bottom of region II is rocky and boulders; the lower boundary of the *Cystoseira* belt is located at a depth of about 15,5 m; most of the growth is observed at the depth up to 9-10 m. The rocky ridged bench in region III is covered with loose sediments at the depth of 5-6 m; seaweed beds are intermittent here, their lower border is located at about 5-6 m. The bottom of region IV is pebble and sand-silty; seaweed beds are not present.

В основу анализа данных по глубинам распространения водорослей, их видовому составу, проективному покрытию и биомассе легли наши полевые исследования в 2003-2008 гг., в 2010 и 2011 гг., в ходе которых было выполнено 30 гидробиотических разрезов от м. Железный Рог до м. Видный (Хоста), 115 станций и обработано 325 количественных проб.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

На подводном береговом склоне черноморского побережья Кавказа сформировалось практически монодоминантное сообщество прикрепленных форм цистозир, основу которых составляют цистозира бородатая (*Cystoseira barbata*) и цистозира косматая (*Cystoseira crinita*). Бурая водоросль цистозира – многолетнее растение, заселяющее участки с хорошими водообменом, освещенностью и твердым субстратом. В настоящее время цистозира – единственный потенциально промысловый вид макрофитов российской части Черного моря. Кроме того, это вид – эдификатор прибрежной среды. Основным субстратом для прикрепления цистозир у Северо-Кавказского берега служат скальные гряды, глыбы и валуны.

Почти весь кавказский берег относится к абразионному типу и окаймлен наклонным грядовым бенчем, выработанным во флише, слагающем предгорья Кавказа, а на участке от бух. Змеиная (Большой Утриш) до горы Кобыла (р-п Малого Утриша) бенч выработан в обвальном-оползневом теле. Породы флиша обладают различной степенью устойчивости к абразии, поэтому более плотные породы препаируются в виде гряд, а на месте разрушения менее устойчивых пород образуются межгрядовые понижения, которые могут быть заполнены рыхлым или валунно-галечным материалом. Ширина, высота, угол наклона, простираие гряд и глубина понижений зависит от характера залегания и толщины пластов флиша. При общем субгоризонтальном или слабо наклонном в сторону моря залегании пластов межгрядовые понижения не образуются, и бенч представляет собой наклонную относительно ровную скальную поверхность с широкими ступенями. В верхней части скальный бенч бывает перекрыт рыхлыми или валунно-галечными осадками. В случае препаирования обвально-оползневой массы образуется полого наклонный валунно-глыбовый бенч с четкой бровкой и крутым мористым склоном (Вилкова, 2005 в).

На аэрофотоснимках четко выделяется бенч, гряды и валуны которого поросли водорослями, а также межгрядовые понижения и участки дна, не имеющие водорослевого покрова, сложенные легко абрадируемой породой, мелкими валунами или рыхлыми наносами. В первом случае изображение значительно темнее, на цветных снимках имеет зеленый или бурый цвета, во втором случае изображение имеет светлый серый тон и монотонно.

У берегов Кавказа заросли цистозир встречаются на освещенных сторонах скальных гряд, глыбах и валунах, начиная от уреза воды. Но в зависимости от гидродинамических условий участка побережья и характера донных отложений верхняя граница зарослей может опускаться до 1-2 м и даже глубже. Нижняя граница сравнительно густых зарослей с проективным покрытием 30-40% проходит на глубине 9-10 м. Глубже, на 12 м заросли разреженные или встречаются только единичные экз. цистозир; на глубине 15,5 м цистозира встречается единично. Это связано не с отсутствием подходящего субстрата (скальный субстрат в некоторых районах прослеживается до глубин 30-40 м), а с недостаточной прозрачностью воды.



В районах южнее м. Идокопас нижняя граница распространения цистозиры, как правило, находится на глубине 5-6 м. Здесь на этой глубине проходит граница скал и песка, поэтому нижняя водорослевая граница четкая и хорошо видна на аэрофотоснимках. Ширина зарослей цистозиры зависит от ширины бенча и угла наклона подводного берегового склона, плотность зарослей на определенной глубине – от амплитуды микрорельефа, т.е. высоты и толщины гряд или размера глыб, к которым водоросли прикрепляются.

Наиболее богат зарослями и обладает наибольшей шириной водорослевых полей район II – между мысами Анапский и Идокопас. Здесь за нижнюю границу зарослей цистозиры нами принимается глубина 10 м; за нижнюю границу собственно пояса цистозиры мы принимаем глубину 15,5 м. Наибольшей плотности и биомассы заросли достигают на глубинах 1-6 м, где их проективное покрытие в среднем составляет 50%, а биомасса 1,5-3 кг/м<sup>2</sup> (Вилкова, 2005 в).

На юго-восток от м. Идокопас до м. Видный, в III районе, склоны предгорий отходят на большее расстояние от берега, ширина скалистого бенча уменьшается, в море впадает большее количество рек и ручьев, повышается верхняя граница распространения подводных песчаных отложений – заросли водорослей становятся более разреженными. В этом районе нижняя граница зарослей проходит преимущественно на глубине 5-6 м, за исключением ее понижения на мысах. Заросли на этом участке подводного берегового склона прерывистые, т.е. распространяются не сплошной полосой вдоль берега. Промыслового интереса эти заросли не представляют, поскольку каждое водорослевое поле очень ограничено по площади. Ко всему прочему, этот район подвержен сильной рекреационной нагрузке.

Дно к северо-западу от м. Анапский, в I районе, сложено преимущественно песками с редкими выходами скал, поэтому здесь не образуется существенных зарослей цистозиры. В р-не Таманского полуострова, у м. Железный Рог, на дне выходят отдельные скальные гряды, на которых встречается цистозира на 1-2 метрах глубины. Промыслового интереса эти заросли не представляют.

В р-не Адлерского аккумулятивного выступа, сложенного галечником, и Имеретинской низменности с песчано-илистым дном (IV-й район) скальных выходов, а, следовательно, зарослей цистозиры нет.

Общая площадь дна, покрытого зарослями водорослей, согласно аэрофотопланам и водолажным исследованиям, составляет около 43 км<sup>2</sup>. Учитывая, что наиболее продуктивные заросли расположены до глубин 5-6 м, под промысловыми мы подразумеваем заросли, сосредоточенные в пределах 5-м глубины. В наиболее богатом водорослями районе – от м. Анапский до м. Идокопас (район II) – площадь дна до изобаты 5 м, покрытая водорослями, составляет 17,6 км<sup>2</sup>. В районе от м. Идокопас до м. Видный (III район) площадь дна, занятая водорослями, примерно 9,7 км<sup>2</sup>.

Таким образом, у черноморского побережья Кавказа в пределах Российской Федерации площадь дна до глубины 5 м, занятая промысловыми зарослями водорослей, составляет 27,3 км<sup>2</sup>. Ранее нами было установлено (Вилкова, 2005 а, б), что средняя биомасса цистозиры в промысловых зарослях составляет 2 кг/м<sup>2</sup>. Эта величина подтверждается исследованиями коллег из ФГУП «АзНИИРХ» (Саенко и др., 2011). Следовательно, по нашим расчетам, запас цистозиры в зарослях

до глубин 5 м с учетом ее средней биомассы  $2 \text{ кг/м}^2$  составит примерно 54 тыс. т. На наиболее продуктивный участок (II район) подводного берегового склона, доступный для промысла, приходится 35 тыс. т, исходя из которых и следует вычислять величину возможной добычи цистозир.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Скалистый грядовый бенч опоясывает практически все прикавказское побережье Черного моря. Протяженность этой морфоскульптуры, согласно карте масштаба 1:200000, примерно 280 км, из которых на долю района от м. Анапский до м. Идокопас (II-й район) приходится 115 км, на долю III-го района, до м. Видный – 165 км. Во II-м районе изобата 10 м проходит в 300-400 м от берега, в среднем в 350 м. Эмпирические расчеты показывают, что площадь дна, занятая водорослями, может составлять здесь  $40 \text{ км}^2$ . Наиболее продуктивные заросли находятся в пределах изобаты 5 м, т.е. их ширина здесь составит 150-200 м, а площадь  $20 \text{ км}^2$ . В III-м районе ширина зарослей, по теоретическим расчетам, составила бы 100-150 м, а площадь те же  $20 \text{ км}^2$ . Рассчитанные по карте и оконтуренные по АФС площади зарослей, на первый взгляд, почти совпадают, особенно для района со сплошным водорослевым покрытием. Но в теоретических расчетах не принимается факт, что водоросли порой растут от изобаты 1-2 м и местами имеются значительные пустоши. Не весь твердый субстрат – скалы и валуны – приспособлен для заселения водорослями. На аэрофотоснимках хорошо видны скалистые и валунные участки дна, свободные от растительного покрова. С помощью снимков наличие зарослей можно достоверно установить и четко оконтурить. То есть данные по площадям, полученные посредством экспертных расчетов, основанных на измерениях расстояний по географическим картам, могут отличаться от данных, полученных на основе дешифрирования аэрофотоснимков, на десятки квадратных километров. А это даст значительную ошибку при расчете запаса. В случае с черноморской цистозирой величина ошибки составляет примерно 2 т на квадратный километр дна в пределах расчетной глубины 5 м.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, при ресурсных исследованиях макрофитов, при расчете площадей дна, занятых растительностью, только согласно географической карте и общим представлениям о распространении подходящих субстратов, есть вероятность значительного завышения расчетной величины этих площадей, а, следовательно, и общей величины запаса водорослей.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение аэрофотосъемки в гидробиологических ресурсных исследованиях является довольно дорогостоящим, но весьма достоверным методом оценки запасов водорослей и сопряженных с их зарослями гидробионтов. Аэрофотосъемка морских мелководий позволяет получить изображение дна на больших площадях – до нескольких десятков и даже сотен квадратных километров – за относительно короткое время, исчисляемое полетными часами. На фотопланах отчетливо прослеживаются закономерности пространственного положения компонентов морского донного ландшафта, что позволяет рационально планировать комплекс полевых работ. Таким образом, аэрофотосъемка береговой зоны в целом сокращает трудовые и временные затраты на выполнение полевых работ в целях определения



ресурсного потенциала морских мелководий и при этом помогает достичь более достоверных результатов, чем многочисленные полевые исследования «вслепую».

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Аэрометоды в природных исследованиях.* Л.: Наука, 1960. 226 с.

Вилкова О.Ю. Распределение и состояние запасов цистозеры в российской части Черного моря // Рыбное хозяйство. 2005 а. № 5. С. 70-71.

Вилкова О.Ю. Современное состояние запасов бурой водоросли *Cystoseira* spp. в Российской части Черного моря // Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: Материалы Второй международной научно-практической конференции. Архангельск, 5-7 октября. М.: Изд-во ВНИРО, 2005 б. С. 20-23.

Вилкова О.Ю. Геолого-геоморфологический подход к оптимизации расчета запасов водных биологических ресурсов (на примере Черного, Японского и Баренцева морей) // Труды ВНИРО. Т. 144. «Прибрежные гидробиологические исследования». М., 2005 в. С. 62-77.

Вилкова О.Ю., Рой И.В. Применение автоматизированного метода учета запасов водорослей с использованием аэрофотосъемки // Тезисы докл. Третьей Междунар. научно-практической конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». Владивосток, 8-10 сентября 2008 г. С. 35-36.

Гурьева З.И., Петров К.М., Рамм Н.С., Шарков В.В. Геолого-геоморфологическое изучение морских мелководий и берегов по материалам аэрофотосъемки. Л.: Наука, 1968. 372 с.

Калужина-Гутник А.А. Фитобентос Черного моря. Киев: Наукова думка, 1975. 247 с.

Изучение экосистем рыбохозяйственных водосмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 3. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. Авторы-составители: Е.И. Блинова, О.Ю. Вилкова, Д.М. Милютин, О.А. Пронина, В.А. Штрик. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. 135 с.

Применение аэрометодов в ландшафтных исследованиях. Л.: Наука, 1961. 242 с.

Саенко Е.М., Шевченко В.Н., Тиранян Э.С. Современное состояние фитоценозов цистозеры в Кавказском промышленном районе // В сб. научных трудов 2008-2009 гг. «Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водосмов Азово-Черноморского бассейна». Ростов-на-Дону: АзНИИРХ. 2011. С. 153-162.

## APPLICATION OF AERIAL PHOTOGRAPHY IN THE SEAWEED RESOURCE RESEARCH OF THE BLACK SEA COAST WITHIN KRASNODAR REGION

© 2013 y. O.Y. Vilkova

*Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography, Moscow*

Based on interpretation of aerial photographs of the Black Sea nearshore zone within the Russian Federation it was established that the total area of the bottom covered with seaweed is about 43 km<sup>2</sup>; the area of thickets with commercial stock within the high productivity area between Capes Anapa and Idokopas within a depth of 5 m is 17,6 km<sup>2</sup>. Almost all commercial stock of *Cystoseira* – 35 thousand metric tons is concentrated within this area. That's value should be taken for estimation of the possible *Cystoseira* catch.

*Key words:* aerial photography interpretation, the Black Sea, macrophytes, *Cystoseira*, stock.