

УДК 577.1: 594.311 (262.5)

ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТКАНЕЙ РАПАНЫ (*RAPANA THOMASIANA*) В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДОВОГО ЦИКЛА

© 2008 г. Е.М. Саенко

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону 344002

Поступила в редакцию 05.03.2007 г.

Окончательный вариант получен 20.06.2007 г.

Дана физиолого-биохимическая характеристика рапаны в северо-восточной части Черного моря на протяжении годового цикла. Выявлена сезонная динамика биохимических показателей тела рапаны обусловленная функциональными особенностями метаболизма рапаны. На основании полученных данных рекомендованы оптимальные месяцы для их промысла.

Сокращение запасов основных массовых видов гидробионтов ставит задачу более полного освоения недоиспользуемых и недостаточно изученных объектов промысла прибрежной зоны. К таким объектам можно отнести рапану (*Rapana thomasi*) - хищного брюхоногого моллюска сем. *Miricidae*, обитателя дальневосточных морей, успешно освоившего практически полностью шельф Черного моря.

Рапана вселившись в Черное море в 40-х годах XX-го столетия в условиях благоприятной среды, при полном отсутствии конкурентов, образовал высокую стартовую численность и к началу 60-х годов сформировал достаточно широкие ареалы на всем Черноморском шельфе Российской акватории. Плотность популяции и высокая продуктивность позволила сделать ряд предложений по использованию его в различных отраслях народного хозяйства. Были разработаны технологии производства широкого спектра продуктов питания для населения, получения кормовой муки и гидролизатов для аквакультуры и животноводства, а также различных биологически активных веществ для медицинских целей.

Для организации рационального промысла целесообразно учитывать не только динамику численности и структуру популяции, объемы изъятия его, но и физиолого-биохимическое состояние популяции. Это позволит правильно выбрать оптимальные сроки и объемы изъятия.

Согласно литературным данным для моллюсков свойственна годовая цикличность в содержании основных групп органических и минеральных веществ в теле (Горомосова, Шапиро, 1984). В связи с этим представляет интерес провести анализ динамики биохимических показателей тела рапаны в различные периоды годового цикла для выработки рекомендаций по наиболее эффективным периодам промысла рапаны в северо-восточной части Черного моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор рапаны для биохимических исследований проводили в северо-восточной части Черного моря в 2000-2005 гг. Сезонную динамику биохимических показателей прослеживали в весенний период (апрель-май), летний (июнь-август) и осенний (сентябрь-ноябрь) – традиционные месяцы лова рапаны.

Исследования включали анализ возрастного, полового и размерного состава популяции. Морфометрические определения проводили по следующим показателям: высота раковины (Н), масса моллюсков с раковиной (М_{мр}) и масса мягкого тела (М_т). Коэффициент упитанности (К_{уп}) рассчитывали по формуле $K_{уп} = 100 \times M_t / H^3$ (Чухчин, 1961а).

Оценку физиолого-биохимического состояния популяции моллюсков проводили с использованием традиционных методик (Абросимова и др., 2005). Они включали определение воды – высушиванием при температуре 105 °С, сырого протеина – путем колориметрического определения азота, умноженного на коэффициент 6,25 с применением реактива Несслера, золы – сжиганием исследуемого материала в муфельной печи при температуре 500 °С, жира – экстрагированием липидов из биопроб по методу Сокслета, гликогена – с применением антронового реактива. Валовую энергию рассчитывали с использованием изокалорийных коэффициентов, применяемым в диетологии.

При статистической обработке полученных данных использовали стандартные методы, включающие определение средней арифметической и стандартной ошибки, коэффициента вариации, а также достоверности различий по критерию Стьюдента (Лакин, 1990).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Годовой цикл рапаны в северо-восточной части Черного моря можно разделить на четыре периода: весенний преднерестовый период, летний репродуктивный период, осенний период полового покоя и период зимовки. Для каждого периода соответственно характерна различная интенсивность и направленность биохимических процессов. Определяющими факторами таких изменений являются физиологическое состояние моллюсков и обеспеченность популяции пищей.

Весенний преднерестовый период в Российских водах Черного моря для рапаны характеризуется началом интенсивного питания, роста и массонакопления.

В этот период (апрель) содержание воды в мягком теле разновозрастной рапаны составляет 75,3±0,8%, белка – 16,5±0,5%, липидов – 0,74±0,1% без достоверных половых и возрастных отличий (рис. 1).

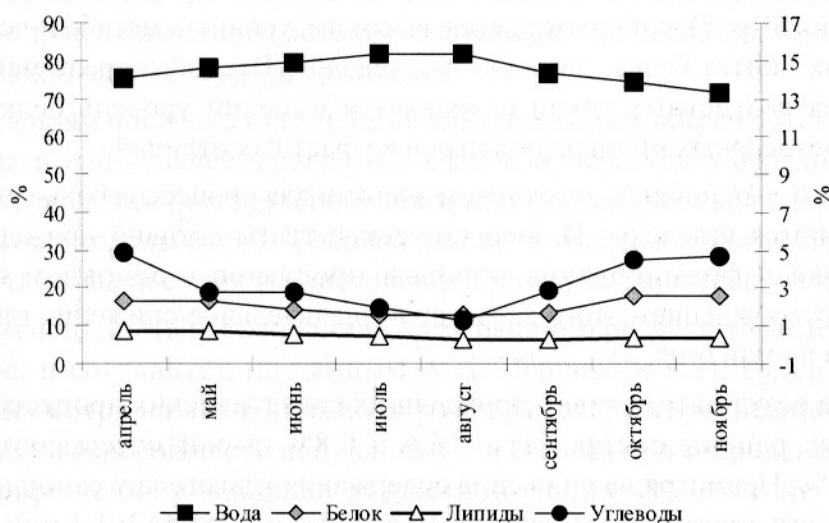


Рис. 1. Динамика компонентов химического состава тела рапаны (% сырого вещества).

Fig. 1. Dynamics of chemical composition of the rapana body, % raw material.

Наибольшие различия отмечены в содержании гликогена. Его уровень в теле моллюсков разновозрастной выборки составил 1 001,8...7 377,8 мг%. В младшей возрастной группе коэффициент вариации составил 45%. С возрастом его вариабельность повышалась и, в группе свыше 4⁺ достигла 62%.

Несмотря на широкий размах индивидуальных значений содержания гликогена в популяции прослеживается зависимость повышения его уровня с возрастом с высоким коэффициентом корреляции ($r=0,77$).

По данным А.И. Иванова (1964), с повышением температуры воды свыше 11 °С моллюски начинают активно питаться. При благоприятной кормовой базе среднесуточный рацион его составляет 1,25 г или 0,01-1,3% относительно собственного тела (с раковинной). Это обеспечивает интенсивный рост раковины и массонакопление мягкого тела рапаны.

Как правило, прирост биомассы в популяции зависит от величины суточного рациона и кормности года в целом. В годы с благоприятными трофическими условиями наблюдается высокий темп роста. В условиях обилия пищевых организмов коэффициент упитанности ($K_{уп}$) в динамично развивающихся популяциях составлял 5,6...6,7 единиц и с увеличением размеров моллюсков $K_{уп}$ возрастает (Чухчин, 1961а).

Оскудение трофических условий популяции обуславливает снижение темпа роста и ухудшение физиологического состояния гидробионтов. В первую очередь по биохимическим показателям это проявляется в снижении уровня жира.

В современных трофических условиях при активном питании и росте коэффициент упитанности ($K_{уп}$) разновозрастных особей к концу мая составляет 4,10...5,77, что на 14-17% выше по сравнению с апрелем. Следует отметить, что темп роста и $K_{уп}$ у самцов незначительно выше (около 3%) по сравнению с одновозрастными самками.

Согласно нашим наблюдениям в годы умеренного сокращения трофической емкости биоценозов рапаны (1995-1998 гг.) уровень жира составлял 3-5% сырого вещества. Дальнейшее снижение численности кормовых организмов привело к уменьшению жирности тканей моллюска при одновременном снижении и темпа роста (Абросимова, Саенко, 2005).

Интенсивный рост сопровождается высоким уровнем метаболических процессов, обеспечивающих синтез белка, липидов и углеводов. Весной (апрель-май) в мягком теле рапаны для всех возрастных групп сохраняется высокий уровень белка и повышается жирность без достоверных индивидуальных и возрастных отличий.

Как известно, основным источником энергии для процессов белкового синтеза в теле моллюсков являются углеводы. И энергетические траты активно проходящих процессов массонакопления и формирования половых продуктов в основном обеспечиваются углеводами. Подтверждением этого является незначительное снижение гликогена в тканях рапаны с апреля по май (рис. 2).

К июню в результате активно проходящих синтетических процессов уровень белка и жира в тканях рапаны составляет – 16,6 и 0,8% сырой массы соответственно при зольности – 2,5%. Несмотря на снижение содержания гликогена у самок на 18% и 14% – у самцов, уровень его достаточно высок – 4 110,4±153,4 и 4 355,6±301,1 мг% соответственно.

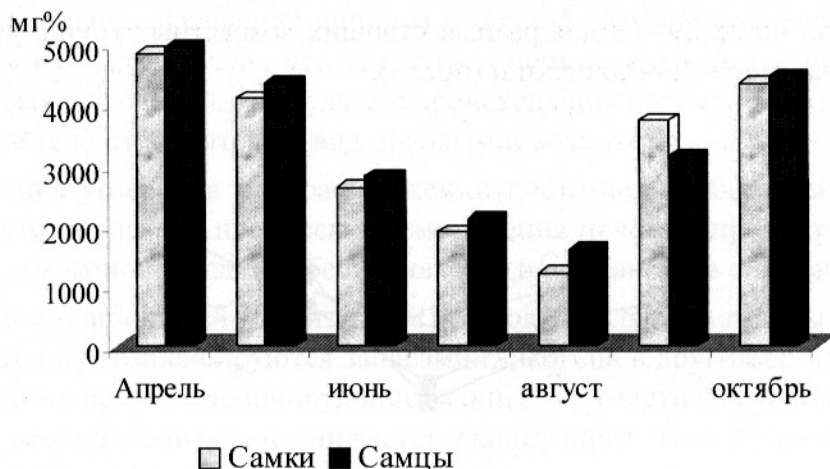


Рис. 2. Динамика содержания гликогена в теле рапаны, % сырой ткани.
Fig. 2. Glycogen dynamics of the rapana body, % raw tissue.

Летний репродуктивный период. Особенностью репродуктивного периода моллюсков, в том числе рапаны, является интенсивный гаметогенез и выметывание большого числа половых продуктов.

Период размножения рапаны в прибрежных российских водах Черного моря начинается с конца июня и длится включительно по сентябрь (Чухчин, 1961б). Перед началом нереста (середина июня) гонады самцов и самок увеличиваются в размерах. По данным В.Д. Чухчина (1961в), у половозрелых самок размером 70-90 мм яичники составляют 5-6 мм. Фолликулы заполнены зрелыми яйцами. В период нереста рапана откладывает значительное количество кладок. В результате в июле и особенно августе, объем яичников уменьшается. Одновременно продолжается процесс созревания следующих яйцеклеток и фолликулы, как и в июне, заполнены зрелыми яйцами.

В семенниках рапаны зрелые половые клетки можно обнаружить на протяжении всего годового цикла. Однако летом в период размножения интенсивность гаметогенеза резко возрастает, обеспечивая достаточное количество половых продуктов. Такие морфологические изменения и интенсивное протекание процессов размножения требуют расхода значительной части ресурсов организма.

По наблюдениям последних лет первые кладки коконов встречаются в конце июня, а пик размножения и наибольшее количество кладок отмечается в середине июля-начале августа. В этот период, как при тралении, так и при подводных наблюдениях отмечены в больших количествах коконы рапан. К первой декаде сентября коконы в кладках в основном пусты, а количество кладок с развивающимися эмбрионами значительно снижается.

Летом интенсивность потребления корма рапаной резко возрастает, с максимум в августе-сентябре, и составляет, по данным А.И. Иванова и В.И. Руденко (1969), 1,42-2,68 г в сутки. Несмотря на это в динамике роста отчетливо прослеживается снижение темпов роста у половозрелой части популяции (3⁺ и выше) при сохранении интенсивного роста и массоприращения в младшей возрастной группе (1⁺ и 2⁺), не участвующих в процессе размножения.

По нашим данным коэффициент упитанности летом в этой возрастной группе практически не отличается от весенних значений, а у половозрелых особей он снижен по

сравнению с весной на 28-29% и для разных старших возрастных групп, участвующих в размножении, составляет – 3,3-3,6 единиц (рис. 3).

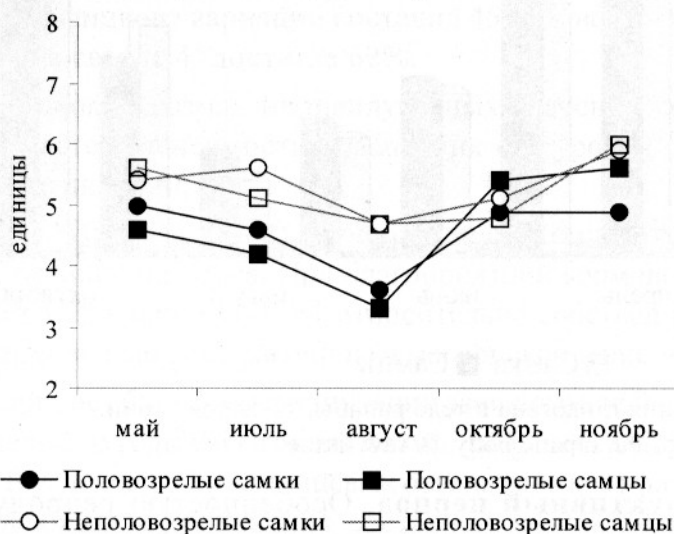


Рис. 3. Сезонная динамика коэффициента упитанности в зависимости от возраста, единицы.

Fig. 3. Seasonal dynamics of condition factor depending on age, units.

Очевидно статистически достоверное ($P < 0,05$) различие между упитанностью половозрелых и неполовозрелых особей рапаны.

Гаметогенез по своей природе является достаточно энергоемким процессом и требует повышенных затрат энергетического и пластического материала на формирование половых продуктов. С включением генеративного обмена в систему общего обмена в первую очередь начинают обеспечиваться оптимальные метаболические условия для созревания гамет и эффективного процесса размножения. У моллюсков это обеспечивается высоким уровнем синтетических процессов не только за счет активного питания, но и перераспределением пластических веществ и энергии между тканями (Горомосова, Шапиро, 1984).

На всем протяжении годового цикла рапаны, обладающей высокой плодовитостью, период размножения самый высокзатратный и энергоемкий. При созревании половых продуктов значительно снижается содержание органических веществ в мышцах, печени и других депонирующих органах, причем траты белка, углеводов и жира на созревание гонад у самок значительно выше, чем у самцов.

Оводненность тканей повышается на 9-11% при наибольших показателях в старших возрастных группах ($r = 0,87$). У половозрелых особей изменяется направленность белкового обмена. Так, если в июне наибольшие значения белка были характерны для старшей возрастной группы $5^+ - 8^+$ при коэффициенте корреляции равном 0,70, то в июле существенных возрастных различий не отмечено ($r = 0,41$). К августу среднепопуляционный уровень белка достигает наименьших годовых значений – 12,8% сырого вещества. Такое снижение белка происходит в основном за счет половозрелой части популяции (3^+ и более) и обусловлено трансформацией белка в половые продукты.

Сезонные изменения наблюдаются и для липидов. У моллюсков липиды являются в основном пластическим материалом и в энергетических тратах имеют лишь второстепенное

значение. Выявленное сокращение липидов в период размножения менее выражено – не более 400 мг% на сырую ткань, что тратится в первую очередь на построение половых клеток и жировых включений. В результате происходящих перемен биохимического состава в тканях мягкое тело становится на вид дряблым и водянистым.

Утилизация углеводов при размножении достигает наибольшей интенсивности в течение годового цикла, т.к. процессы формирования половых продуктов и откладывание большого числа коконов рапаной обеспечивается в основном за счет энергии углеводов.

Тканями с наибольшей утилизацией углеводов являются гонады и гепатопанкреас. Высокие затраты их компенсируются запасами гликогена в других органах и мобилизация затрагивает практически все депонирующие ткани. В частности уровень гликогена в мышцах половозрелых особей значительно снижается к концу июля, что в 2 раза ниже по сравнению с особями отобранными весной (рис. 1).

Среднепопуляционный уровень в августе составляет $1\,460,7 \pm 253,3$ мг% при наибольших значениях у рапаны в возрасте 1^+-2^+ , а наименьшем – у 8^+ и коэффициенте вариации – 54%. Следует отметить, что несмотря на широкую вариабельность содержания гликогена четко прослеживается достоверное снижение его в мягких тканях с возрастом особей ($P < 0,05$). Корреляционный анализ выявил сильную отрицательную связь между этими показателями ($r = -0,96$). Следует отметить, что утилизация гликогена у самок и самцов проходит с различной интенсивностью (рис. 2). Так в тканях самок потери углеводов наиболее высоки, в результате чего его уровень составляет $1\,210,3 \pm 152,2$ мг%, что на 11% ниже по сравнению с самцами ($1\,609,1 \pm 233,9$ мг%).

К сентябрю уровень пластических составляющих тела – белка и жира в тканях рапаны имеет наименьшее годовое значение – 12,8 и 0,27% сырой ткани соответственно при зольности – 2,0% и уровне гликогена – $1\,312,9 \pm 217,5$ мг%.

Осенний период полового покоя. Характерной особенностью осеннего периода является прекращение размножения. В сентябре кладки с эмбрионами на начальных стадиях развития встречаются крайне редко. В яичниках и семенниках рапаны интенсивность созревания половых клеток снижается. Несмотря на присутствие в них небольшого количества зрелых продуктов, толщина гонад имеет наименьшие размеры и составляет 2-3 мм (Чухчин, 1961в).

С сокращением интенсивности генеративного обмена и окончания нереста у всех возрастных групп рапаны направленность метаболических процессов изменяется и происходит перераспределение энергии и пластических веществ на массонакопление. Во всех возрастных группах наблюдается значительный прирост. И, если для неполовозрелых особей интенсивность роста сохраняется, то у половозрелых особей темп роста значительно возрастает. Это обеспечивается высоким уровнем питания.

По литературным данным в сентябре рапана продолжает активно питаться. Среднесуточный рацион одной рапаны в сентябре составляет 0,3...2,7 г и при понижении температуры воды снижается до 0,21-1,31 г/сутки в ноябре (Иванов, Руденко, 1964).

В осенний период в теле интенсивно накапливаются органические вещества. Уровень воды снижается на 7-13%, а содержание белка и липидов повышается в среднем на 5-39 и 4-30% соответственно.

Наибольшие изменения отмечены в содержании гликогена, уровень которого возрастает в 2,2-3,6 раз по сравнению с августом и интенсивность его аккумуляции в тканях с возрастом повышается. Так в сентябре содержание гликогена составило 2 355... 4 196,6 мг% (Cv 15-43%) и при сохранении закономерности снижения его уровня с возрастом, характерной для периода размножения, в сентябре она менее выражена ($r=-0,63$). В октябре содержание гликогена в тканях достигает среднепопуляционного значения – 4 444,8 мг%, что в среднем на 44% выше по сравнению с сентябрем. Различия между разновозрастными особями сглажены (Cv не более 18%). Наибольший его уровень наблюдается в тканях моллюсков старших возрастных групп, а наименьший – в младших с высокой степенью корреляции ($r=0,85$).

Таким образом, к началу периода зимовки в теле разновозрастной рапаны уровень воды имеет наименьшее годовое значение – 71,2%, а белок и жир – наибольшие – 18 и 0,75% соответственно. Следует отметить, что в годы с обильной кормовой базой среднепопуляционный уровень липидов в теле по нашим данным (2000 г) выше и составляет не менее 2-3% сырой массы тела (Абросимова, Саенко, 2005). Уровень гликогена достоверно не отличается от значений весеннего периода.

Период зимовки. Особенностью зимнего периода рапаны является сокращение интенсивности питания и прекращение роста во всех возрастных группах. В этот период потребление пищи рапаной незначительное – не более 0,13-0,26 г в сутки (Иванов, Руденко, 1969). Рапана ведет малоподвижный образ жизни с наименьшими энергетическими и пластическими тратами.

Это позволяет ему сохранить накопленные органические компоненты до периода начала роста и размножения. В этот период существенных изменений в биохимическом составе тела не происходит и уровень органических и минеральных веществ достаточно постоянен, что связано с общим низким уровнем метаболизма.

Пищевая ценность мяса рапаны. Многочисленные работы свидетельствуют о высокой питательности мяса моллюсков. Так, белок мяса по качественному и количественному соотношению аминокислот близок к эталонному белку, а углеводы представлены в основном гликогеном. Липиды моллюсков с их уникальным по биологической ценности с позиции диетологии превосходят липиды наземных животных, обладая большим количеством эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот.

Рапана наряду с мидиями и устрицами является деликатесным продуктом и традиционным объектом промысла в странах Средиземноморья и Дальнего Востока. В последние годы у нас в стране потребительский спрос на рапану растет. Мясо съедобной части (нога) по вкусовым качествам и содержанию биологически активных веществ не уступает мидиям и устрицам, а пищевая ценность белка по аминокислотным скорам сопоставима с белком куриного яйца. Липиды почти на половину представлены полиненасыщенными жирными кислотами.

По нашим данным среднегодовая калорийность мяса в благоприятных трофических условиях для популяции рапаны составляет 494 КДж/100 г сырой массы. Из них основную долю калорийности составляет белок – 70-90%, что позволяет считать мясо рапаны высокобелковым пищевым сырьем. Углеводы и жир составляют соответственно – 7-17 и

3-15%. Однако в настоящее время ввиду крайне скудных трофических условий годовой среднепопуляционный уровень калорийности тела рапаны несколько ниже и составляет около 436 КДж/100 г сырой массы. В основном это обусловлено низким содержанием в теле рапаны жира как наиболее энергоемкого компонента.

По показателям сезонной динамики химического состава тела рапаны была рассчитана пищевая ценность мяса на протяжении годового цикла. Наибольшая калорийность тела отмечена в осенний период и составила 588,6 КДж, а наименьшая – в летний (333,8 КДж). Сезонная динамика калорийности представлена на рисунке 4.

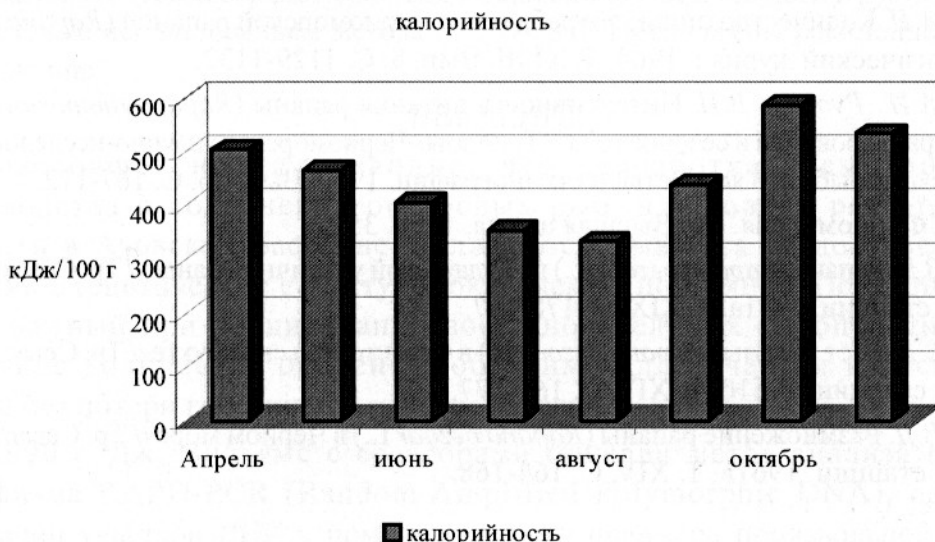


Рис. 4. Изменение калорийности (КДж) в мясе рапаны на протяжении годового цикла.

Fig. 4. Changes in calorie content (Kjoule) in rapana muscle observed during the whole year.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение потребительского спроса в нашей стране на рапану как деликатесный морепродукт требует разработки рекомендаций с позиции пищевой ценности сырья по наиболее оптимальным периодам промысла рапаны в Российских прибрежных водах Черного моря.

Полученные данные свидетельствуют о наличии межсезонной динамики биохимических показателей тела рапаны, что связано с изменением направленности метаболических процессов и перераспределением энергии и пластических веществ в различные функциональные периоды годового цикла моллюска.

Наиболее высокая пищевая ценность рапаны как промыслового объекта приурочена к весенне-летнему (апрель-июнь) и осеннему сезонам (сентябрь-ноябрь), когда содержание белка, углеводов и жира и, соответственно, калорийность максимальны. Исходя из этого, оптимальными сроками вылова рапаны следует рекомендовать апрель-июнь и сентябрь-ноябрь, когда мясо рапаны имеет наибольшую пищевую ценность. Совершенно очевидно, что летний сезон не желателен по причине неэффективного использования ресурсов рапаны из-за низкого пищевого качества сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абросимова Н.А., Саенко Е.М. Факторы, определяющие состояние популяции рапаны в северо-восточной части Черного моря // Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. Мат. докл. М.: ВНИРО, 2005. С. 7-9.
- Абросимова Н.А., Абросимов С.С., Саенко Е.М. Кормовое сырье и добавки для объектов аквакультуры. Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. 144 с.
- Горомосова С.А., Шапиро А.З. Основные черты биохимии энергетического обмена мидий. М.: Легкая промышленность, 1984. 119 с.
- Иванов А.И. Количество пищи, потребляемое Черноморской рапаной (*Rapana thomasiana* Grosse) // Зоологический журнал. 1964. Т. XLIII. Вып. 8. С. 1129-1132.
- Иванов А.И., Руденко В.И. Интенсивность питания рапаны (*Rapana thomasiana* Grosse) в зависимости от размеров тела и сезонов года // Тр. Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии. 1969. Вып. 26. С. 167-172.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
- Чухчин В.Д. Рапана (*Rapana bezoar* L.) на Гудаутской устричной банке // Тр. Севастопольской биологической станции. 1961а. Т. XIX. С. 178-187.
- Чухчин В.Д. Рост рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Севастопольской бухте // Тр. Севастопольской биологической станции. 1961б. Т. XIV. С. 169-177.
- Чухчин В.Д. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Черном море // Тр. Севастопольской биологической станции. 1961в. Т. XIV. С. 164-168.

DYNAMICS OF BIOCHEMICAL PARAMETERS OF THE RAPANA (*RAPANA THOMASIANA*) TISSUES IN DIFFERENT PERIODS OF ITS ANNUAL CYCLE

© 2008 y. E.M. Saenko

Research Institute of the Azov Sea Fishery Problems, Rostov-on-Don

Physiological and biochemical characteristics of rapana have been studied during a year in the north-eastern part of the Black Sea. Seasonal dynamics of nutritional value of mollusks caused by their metabolic specificities is revealed. Based on these data we recommend months most suitable for rapana harvest.