

Питание молоди комбикормами, зараженными микроорганизмами в большинстве случаев не оказало выраженного воздействия на выживаемость рыб в процессе роста (85–100%). При голодании выживаемость рыб заметно снизилась, что свидетельствовало о неоднозначном влиянии качественных особенностей кормов. Оно выразилось в различной степени обводнения тканей, вызванным присутствием в кормах *B. mesentericus* и *St. epidermidis* и продуктов их жизнедеятельности. Кроме того, отмечено замедление синтеза липидов (на 12–19%) и их более интенсивный, чем у рыб контрольного варианта, расход в поддерживающем обмене.

Присутствие в кормах дрожжеподобных грибов, плесени и бактерий рода протея, наоборот, вызвало у растущих рыб обезвоживание, заметное сокращение синтеза белка и усиление накопления липидов. При этом липиды, несмотря на их повышенное, по сравнению с контрольным вариантом накопление, очень слабо расходовались в поддерживающем обмене. У молоди более интенсивно использовался белок, что свидетельствовало о неполноценности липидов. Особо следует отметить достаточно четко проявившуюся связь между суммарной выживаемостью молоди и количеством белка, оставшегося у рыб после голодания. В вариантах с низкой выживаемостью у молоди сохранились минимальные резервы белка.

Следствием нарушений процессов биосинтеза явились изменения в приросте массы. Так, в вариантах заражения кормов дрожжеподобными грибами, плесенью и протеем, отмечено снижение прироста массы рыб на 18–23%. В других двух вариантах рост был более интенсивным (на 10–13% выше, чем в контроле). Эти различия не выглядят значительными. Однако они скрывают достаточно серьезные изменения в обмене веществ у молоди, вызванные питанием некачественными кормами. Подтверждением этого является гораздо более существенные, чем в контрольном варианте, потери массы рыб и заметное снижение их общей жизнеспособности при голодании. Принимая во внимание тот факт, что голодание является естественным для рыб процессом, можно говорить, что микробное заражение кормов в условиях аквакультуры, не смотря на внешне скрытую форму, вызывает в организме рыб изменения, превышающие его адаптивные возможности.

## **ALTERATION OF METABOLISM OF YOUNG STERLETS UNDER THE INFLUENCE OF MICROORGANISMS IN THE COMBINED FEEDS IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL CULTURE**

**I. Burlachenko**

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia  
irinabou@vniro.ru

The metabolism of young sterlets being under influence of feeding of mixed feeds contaminated by several microorganisms has been studied. The significant changes in the direction of synthesis and utilization of several substances in processes of growth and starvation have been revealed. The direct relation between the quantity of protein reserves and viability of young sterlets has been established.

## **ВЛИЯНИЕ ФУЛЬВОКИСЛОТ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ, АЗОТНЫЙ И ФОСФОРНЫЙ ОБМЕН У СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

**О.В. Василенко<sup>1</sup>, П.Д.Клоченко<sup>2</sup>, Т.А. Васильчук<sup>2</sup>, Ю.В. Синюк<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Тернопольский национальный педагогический университет им. В. Гнатюка, Тернополь, Украина  
syunol@rambler.ru

<sup>2</sup> Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, Украина

Одной из наиболее распространенных групп органических соединений в поверхностных водах являются гумусовые вещества (Перминова, 2000). Преобладающую их часть составляют фульвокислоты (ФК). Последние оказывают значительное влияние на жизнедеятельность и биопродуктивность гидробионтов, поэтому важной задачей является установление механизмов этого воздействия.

Целью наших исследований было изучение влияния ФК на азотный, фосфорный и энергетический обмен у синезеленой водоросли *Calothrix braunii* Born. et Flah. HPDP-16, которую культивировали на среде Фитцджеральда при температуре  $25 \pm 1$  °C и освещении лампами дневного света (2500 лк). Изучали активность ключевых ферментов: НАДН-глутаматдегидрогеназы, щелочной фосфатазы (ЩФ) и сукцинатдегидрогеназы (СДГ) при воздействии на них ФК в концентрациях 30 и 80 мг/дм<sup>3</sup>. Образцы для анализов отбирали на 1, 3, 7 и 14-е сутки выращивания водоросли. В качестве контроля использовали культуру без ФК в питательной среде.

Исследования показали заметное влияние ФК на изучаемые ферменты. СДГ (КФ 1.3.99.1) – единственный фермент цикла трикарбоновых кислот, принимающий непосредственное участие в образовании макроэргической фосфатной связи, является наиболее чувствительным звеном дыхательной цепи (Маевский, Кондрашова, 1978). После внесения ФК в среду в концентрации 30 мг/дм<sup>3</sup> показатели активности СДГ были выше контрольных в 1,6, 5,2 и 2,5 раза, соответственно, на 1-е, 3-е и 7-е сутки. На 14-е сутки эксперимента активность фермента была близка к показателям в контрольном варианте. Под влиянием ФК в концентрации 80 мг/дм<sup>3</sup> также наблюдали увеличение активности исследуемого фермента: на 1-е сутки – в 3,8 раза, на 3-и – в 3,0 раза и на 7-е сутки – в 3,3 раза (по сравнению с контролем). На 14-е сутки величины активности СДГ лишь незначительно превышали показатели в контрольном варианте, но были ниже, чем при концентрации ФК 30 мг/дм<sup>3</sup>. Следует также отметить, что в случае действия ФК в концентрации 30 мг/дм<sup>3</sup> максимум активности фермента наблюдался на 3-и сутки, а при концентрации 80 мг/дм<sup>3</sup> – на 1-е сутки опыта.

Противоположное действие оказали ФК на активность НАДН-глутаматдегидрогеназы (КФ 1.4.1.2), активность которой снижалась уже с 1-х суток эксперимента как при концентрации ФК 30 мг/дм<sup>3</sup> (в 10,3 раза), так и при 80 мг/дм<sup>3</sup> (в 4,4 раза) по сравнению с контролем. На 3-и и 7-е сутки опыта показатели несколько увеличивались, но при этом были все же меньше контрольных значений в 3,9 и 3,5 раза, соответственно. На 14-е сутки активность фермента несколько повышалась по сравнению с предыдущими показателями при концентрации ФК 30 мг/дм<sup>3</sup>, однако была ниже контрольного варианта в 1,5 раза, а при 80 мг/дм<sup>3</sup> – в 9,3 раза. Следует отметить, что резкое уменьшение активности исследуемого фермента в первый день эксперимента, возможно, связано с увеличением содержания в клетках АТФ – аллостерического ингибитора НАДН-глутаматдегидрогеназы, об усилении синтеза которого свидетельствует увеличение активности СДГ.

Активность ЩФ (КФ 3.1.3.1) также ингибировалась под влиянием ФК, однако несколько меньше, чем других изученных ферментов. Так, при воздействии ФК в концентрации 30 мг/дм<sup>3</sup> активность фермента на первые сутки опыта снижалась в 1,5 раза, а на 3-и – в 2,2 раза. В то же время, на 7-е сутки эксперимента наблюдалось небольшое возрастание активности ЩФ, а на 14-е сутки она снова уменьшалась (в 2,8 раза по сравнению с контролем). При концентрации ФК 80 мг/дм<sup>3</sup> отмечалось ингибирование активности фермента на протяжении всего эксперимента. В частности, на первые сутки регистрируемый показатель был ниже контрольного в 1,2 раза, а на 14-е – в 1,9 раза. Возможно, что ФК, благодаря комплексообразующей способности, связывают такие необходимые для функционирования ЩФ ионы, как  $Zn^{+2}$  и  $Mg^{+2}$ .

Таким образом, наличие в водной среде фульвокислот можно расценивать как важный фактор, оказывающий влияние на метаболизм синезеленых водорослей в зависимости от времени воздействия и концентрации в среде. Известно (Гандзюра, Грубинко, 2008), что для адаптации организма к токсичной среде эффективное функционирование метаболических систем является наиболее показательным критерием. В случае с СДГ наблюдаемое повышение ее активности может быть связано с включением компенсаторных механизмов энергообразования при повышенных затратах энергии (Парахонский, 2005), в то время как снижение активности фермента на 14-е сутки воздействия ФК, вероятно, можно объяснить тем, что адаптационные механизмы энергетического обмена начинают исчерпываться. Последнее может служить объяснением ингибирования ферментов азотного и фосфорного обмена. Поскольку ЩФ является ферментом широкого спектра действия (участвует в фосфорном, углеводном, липидном и нуклеотидном обмене), изменения ее активности может быть связано с нарушением функционирования любого из этих звеньев метаболизма (Ленинджер, 1985). Ингибирование ЩФ, а также НАДН-глутаматдегидрогеназы, на протяжении всего эксперимента свидетельствует об отсутствии у синезеленых водорослей надежного механизма адаптации к воздействию фульвокислот в исследованных концентрациях.

## THE FULVIC ACIDS INFLUENCE TO ACTIVITY DYNAMIC OF ENERGETIC, NITROGEN AND PHOSPHORUS METABOLISM ENZYMES OF BLUE-GREEN ALGAE

O.V. Vasylenko<sup>1</sup>, P.D. Klochenko<sup>2</sup>, T.A. Vasilchuk<sup>2</sup>, Y.V. Synyuk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University of Ternopil, Ternopil, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The influence of fulvic acids in concentration of 30 mg/dm<sup>3</sup> and 80 mg/dm<sup>3</sup> on energetic (succinate dehydrogenase), nitrogen (glutamate dehydrogenase) and phosphorus (alkaline phosphatase) metabolism in blue-green (*Calothrix braunii* Born. et Flah.) algae was investigated. Increased activity of succinate dehydrogenase was detected. In case of fulvic acids influence in concentration 30 mg/dm<sup>3</sup> the activity peak was observed on 3 day, at 80 mg/dm<sup>3</sup> – on 1 day. On the 14 day of experiment the activity of succinate dehydrogenase was close to control. Both concentrations of fulvic acids decreased glutamate dehydrogenase and alkaline phosphatase activity. Concluded that the reliable adaptation mechanism of blue-green to fulvic acids influence with investigated concentrations is absent.

## РЕОРЕАКЦИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ГРУПП СЕГОЛЕТОК АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) В РЕКЕ ВАРЗУГА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

А.Е. Веселов<sup>1</sup>, Д.С. Павлов<sup>2</sup>, М.И. Скоробогатов<sup>2</sup>, Д.А. Ефремов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Учреждение Российской академии наук Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия veselov@krc.karelia.ru

<sup>2</sup> Учреждение Российской академии наук Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия pavlov@sevin.ru

Выполненные в 2004–2008 гг. подводные наблюдения в среднем течении р. Варзуга показали, что в прибрежной части порога Аренгский основного русла Варзуги и в устье впадающего в него притока Аренга ежегодно образуются скопления сеголеток лосося. Эти мальки во второй декаде июня расселялись из нерестовых гнезд, расположенных в центральной части порога. По возникшим в течение летнего периода различиям в размерно-весовых и биохимических показателях (энергетического обмена и липидного статуса) было доказано формирование из скоплений устойчивых фенотипических групп (Павлов и др., 2007, 2008). Вместе с тем, можно предположить, что механизмы образования фенотипических групп сеголеток атлантического лосося, связанные с разнокачественностью эмбрионов и последующими стартовыми возможностями расселения личинок по микробиотопам, в значительной степени зависят от проявления реореакции.

Известно, что развитие молоди лосося и развешивание территориальных, кочевых и миграционных комплексов поведенческих реакций, основанных на различном сочетании пищевой, оборонительной, исследовательской и социальной активности происходит на фоне постоянного воздействия потока (Веселов, 2006). Основной врожденной поведенческой реакцией рыб, обитающих в потоке, является реореакция, она компенсирует их снос против течения и способствует удержанию в районе обитания (Павлов, 1979). В онтогенезе молоди происходит развитие сенсорных органов и плавательной способности, что сопровождается снижением пороговых и увеличением критических скоростей течения (Протасов, 1968, 1978; Павлов, 1979, 1986). Существенные изменения этих функциональных показателей происходят на первых этапах развития, т.к. интенсивно меняется морфология тела, развиваются локомоторные органы, органы чувств и усложняется поведение (Васнецов, 1948; Алеев, 1963). Реореакция может служить мерой отношения к потоку и быть ключом к раскрытию адаптивных механизмов, реализуемых в поведении рыб. Можно предположить, что она в значительной степени определяет сезонные закономерности пространственного распределения и, следовательно, формирования фенотипических групп сеголеток лосося.