

TEFs) и токсических эквивалентов (TEQ) отдельных конгенов, составляют 0.79 нг TEQ/кг сырой массы (Canadian Council..., 2002). В мышцах леща обнаружено 5 наиболее токсичных конгенов ПХБ, для которых известны значения WHO-TEFs: 105, 118, 156, 157 и 167. Исходя из их содержания в мышцах, расчетные значения суммарных TEQ составили для рыбы на ст. 2, 3 и 4 соответственно 1.35, 1.17 и 0.42 нг TEQ/кг сырой массы. На ст.5 и 6 значения TEQ были на два порядка ниже. Полученные данные показывают, что в зоне влияния череповецкого промышленного комплекса (ст.2,3) содержание ПХБ в мышцах леща превышает безопасный для потребителей уровень в 1.5–2 раза. На остальных участках водохранилища их содержание существенно ниже этого уровня.

Т.о., установлено, что в экосистеме Рыбинского водохранилища присутствуют ХОП и ПХБ. Их качественный состав и содержание носят пространственно неоднородный характер, что свидетельствует о локальном источнике поступления. Несмотря на запрет в СССР, а затем в России, производства и применения ХОП и ПХБ, их уровень в отдельных районах водохранилища остается достаточно высоким. Максимальные уровни содержания этих СОЗ обнаруживаются в ДО и рыбе в зоне влияния Череповецкого промышленного комплекса. Содержание СОЗ в этом районе водохранилища в ДО достигает уровней, при котором они могут влиять на жизнедеятельность гидробионтов, а в рыбе – представлять опасность здоровью для ее потребителей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08-05-00805).

Литература

Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды, 1996. ГН 1.1.546–96. Утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 25 сентября 1996 г. N 19.

Клёткин А.А., Короткова Л.И., Корпакова И.Г., Корниенко Г.Г., 2008. Хлорорганические пестициды и полихлорбифенилы в промысловых рыбах Азовского моря // *Вопр. рыбол.* Т. 9, № 2(34). С. 495–502.

Колпакова Е., Лулоф И., Руттемаан Й., 1996. Проект «Волга в Череповце». Отчет об исследованиях, проведенных в г.Череповце в августе 1995 г. Н.Новгород: Экоцентр «Дронт». 23 с.

Майер Ф.Л., Пети Дж.Д., Козловская В.И., Флеров Б.А., 1981. Определение остаточных количеств пестицидов в рыбах Рыбинского водохранилища // *Гидробиол. ж.* Т. 17, № 5. С. 83–87.

Чуйко Г.М., Законнов В.В., Герман А.В., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б., Тиллитт Д.Э., 2008. Распределение полихлорированных бифенилов в экосистеме Рыбинского водохранилища при их локальном поступлении // *Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова.* Владивосток: ТИНРО-центр. С. 680–685.

Шелепчиков А.А., Бродский Е.С., Фешин Д.Б., Жильников В.Г., 2008. Определение полихлорированных бифенилов и пестицидов в объектах окружающей среды и биоматериалах методом хроматомасс-спектрометрии высокого разрешения // *Масс-спектрометрия.* Т. 5, № 4. С. 245–258.

Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001. Canadian tissue residue guidelines for the protection of consumers of aquatic biota: Summary tables. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines. 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary tables. Updated. In: Canadian environmental quality guidelines. 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg.

КОРРЕЛЯЦИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ЛИНЕЙНО-ВЕСОВЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ОСОБЕЙ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ

М.В. Чурова¹, О.В. Мешерякова¹, М.И. Шатуновский², Н.Н. Немова¹

¹ Учреждение Российской академии наук Институт биологии
Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия

² Учреждение Российской академии наук Институт проблем эволюции и экологии
Им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия
e-mail: mchurova@yandex.ru

Введение

Рост – важный аспект в оценке общего состояния популяции рыб и каждой особи в отдельности. Существует много способов оценки роста рыб от традиционных и прямых измерений, таких как изменение длины, веса, к более современным, например, изучение уровня экспрессии генов. Исследования последних лет (Nevroy et al., 2006; Overturf, Hardy, 2001, Pelletier et al., 1995; Tripathi

and Verma, 2004; Vinagre et al., 2008) показывают, что в оценке скорости роста рыб могут быть использованы активность ферментов энергетического и пластического обмена, экспрессия генов миозина и некоторых ферментов, показатель РНК/ДНК.

В данной работе мы изучали взаимосвязь линейно-весовых характеристик особей форели, ряпушки, беломорки с уровнем их некоторых биохимических показателей. Определялись следующие показатели: соотношение РНК/ДНК, уровень экспрессии генов тяжелой цепи миозина и цитохром с оксидазы (только для форели), активность некоторых ферментов углеводного и энергетического обмена.

Материалы и методы

Исследовали особей разных возрастных групп ряпушки *Coregonus albula* L. (оз. Сямозеро, Республика Карелия), беломорки *Clupea harengus pallasii* natio maris-albi Berg (Белое Море), форели *Parasalmo mykiss* Walb (форелевое хозяйство, Онежское озеро). У каждой особи определяли длину тела по Смитту (АС), общий вес (массу) тела. Общую активность ферментов лактатдегидрогеназы (ЛДГ, 1.1.1.27), глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6-ФДГ, 1.1.1.49) и 1-глицерофосфатдегидрогеназы (1-ГФДГ, 1.1.1.8) определяли в мышцах и печени рыб по общепринятым методикам (Кочетов, 1980). Активность цитохром с оксидазы (ЦО, КФ 1.9.3.1.) определяли по методике Smith (Smith, 1955), при этом цитохром с восстанавливали двукратным по массе количеством аскорбиновой кислоты в 0.02 М фосфатном буферном растворе (рН 7.0) в течение 2 часов и затем на колонке с сефадексом G-25 выделяли в восстановленной форме свободным от избытка восстановителя.

Тотальную РНК выделяли из белых мышц с помощью набора «для выделения тотальной РНК Yellow Solve» (Клоноген, г. Санкт-Петербург). ДНК белых мышц выделяли методом Альанаби и Мартинеса (Aljanabi and Martinez, 1997). Концентрации РНК и ДНК определяли спектрофотометрически. Уровень экспрессии генов тяжелой цепи миозина и цитохром с оксидазы определяли в белых мышцах методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР). Тотальную РНК обрабатывали ДНКазой (10 ед/мл) (Силекс). Комплементарную ДНК (кДНК) синтезировали из препарата тотальной РНК с использованием MMLV-обратной транскриптазы и случайных гексонуклеотидов (набор «Синтез первой цепи ДНК», Силекс). Амплификацию проводили на приборе i-Cycler с оптической приставкой IQ5 (BioRad, США) с использованием реакционной смеси 2,5x для проведения ПЦР-РВ в присутствии интеркалирующего красителя SYBR Green I (Синтол). Праймеры для актина и тяжелой цепи миозина подбирали с помощью программы Beacon Designer 5.0. Последовательности праймеров следующие: миозин (MyHC) (GenBank Z48794) прямой 5'-GCTGAGAAGGACGAGGAGATG-3', обратный 5'-GCCTGCCTGTTGGAGTGG-3'; β -актин (GenBank AJ438158) прямой 5'-TGGACTTTGAGCAGGAGATGG-3', обратный 5'-TCGTGGATACCGCAAGACTC-3'. Последовательность олигонуклеотидов для амплификации гена цитохром с оксидазы (COX4): прямой 5'-TACGTGGGGGACATGGTGT-3', 5'-CCCAGGAGCCCTTCTCCTTC-3' (Koltitz S. et al., 2008). Протокол ПЦР: денатурация ДНК при 95°C 5 мин; повторяющиеся циклы (50): денатурация ДНК при 95°C 20 с, отжиг праймеров при 59°C по 30 с, элонгация ДНК при 72°C по 30 с. После ПЦР проводили процедуру плавления фрагментов ДНК (с 59 до 95°C с шагом 0,5°C). Концентрацию матричной РНК в виде кДНК определяли по стандартной кривой. Уровень экспрессии исследуемых генов нормализовали по уровню экспрессии референсного гена β -актина. Данные выражались как отношение концентрации мРНК исследуемого гена к концентрации мРНК β -актина, умноженное на константу (100) для удобства интерпретации данных.

Различия в активности ферментов и других показателей оценивали по критерию *T* Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$. Коэффициенты корреляции между сравниваемыми показателями определяли по Пирсону и Спирмену.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены характеристики выборок исследуемых видов рыб.

Показатель РНК/ДНК. Количественное определение нуклеиновых кислот в скелетных мышцах и отношение РНК/ДНК используется как показатель скорости роста на ранних стадиях развития пресноводных и морских рыб в зависимости от влияния различных условий (питание, стресс, чис-

тота водоема и др.) и возраста. Он показывает, как меняется уровень клеточной РНК и, соответственно синтез белка, при постоянной концентрации ДНК в клетке (Vinagre et al., 2008; Grant, 1996).

Таблица 1

Ихтиологические показатели исследуемых видов рыб

Показатели	Ряпушка	Беломорка	Форель
Количество особей	45	23	60
Возраст	0+, 2+, 3+	3+	1+, 2+
Длина (АС), см min-max	12,2–19,3	13,1–16,3	18,0–54,6
Вес Q, г min-max	22,6–99,7	20,9–41,7	75,9–2397,1

Результаты нашего исследования показали отрицательную корреляцию показателя РНК/ДНК с размерами рыб. При этом у форели наиболее сильная корреляция отмечается в возрасте 1+ (табл. 2). Для ряпушки значения коэффициента корреляции РНК/ДНК с длиной тела и весом составили (–0,53) и (–0,48), соответственно. Такая зависимость свидетельствует о том, что относительная скорость роста крупных рыб меньше, чем у мелких, что согласуется с литературными данными, полученными для трески (Buckley, Lough, 1987) и сайды (Houlihan et al., 1993). На наш взгляд это связано с тем, что в процессе роста животного и увеличения его массы происходит снижение скорости ростовых процессов. Снижение темпов роста при увеличении размеров тела показано для всех групп позвоночных животных (Дгебуадзе, 2001).

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции между линейно-весовыми и некоторыми биохимическими показателями особей радужной форели двух возрастов

Линейно-весовые показатели	Значения коэффициентов корреляции					
	РНК/ДНК		Экспрессия гена миозина		Экспрессия гена цитохромоксидазы	
	1+	2+	1+	2+	1+	2+
Вес	–0,43*	0,54	0,54*	0,69*	0,51*	0,13
Длина	–0,50*	0,52	0,52*	0,74*	0,61*	0,06

* – достоверность значения коэффициента корреляции.

Соотношение линейно-весовых показателей форели с индексом РНК/ДНК указывает на то, что этот показатель можно использовать в оценке скорости роста только молоди форели, так как достоверная корреляция была обнаружена только у двухлеток (1+). Вероятно, это связано с тем, что в ранние периоды онтогенеза рыб протекают, главным образом, процессы дифференциации клеток мышечной ткани, что, в частности, показано на заводской молоди семги (Лебская, Зайцев, 1985). В более старшем возрасте усиливаются процессы гипертрофии и массанокпления. Таким образом, отсутствие зависимости между индексом РНК/ДНК и линейно-весовыми параметрами у трехлеток (2+) указывает на то, что в этом возрасте синтез белка в мышцах связан не столько с процессом дифференциации клеток мышечной ткани и ростом тела рыб, сколько с другими функциями мышечного белка и, вероятнее всего, с сократительной.

Уровень экспрессии гена тяжелой цепи миозина (MyHC)

Согласно ряду исследовательских работ, экспрессия гена тяжелой цепи миозина положительно коррелирует с темпом роста радужной форели и других видов рыб, тем самым, делая возможным использование этого показателя в качестве маркера для мышечного роста (Overturf, Hardy, 2001; Dhillon et al., 2008).

Наши исследования показывают, что показатель экспрессии гена миозина, в отличие от индекса РНК/ДНК является более точным и удобным критерием изменчивости линейно-весовых характеристик и индикатором темпа роста форели. Этот показатель положительно коррелирует с весом и длиной рыб независимо от их возраста и пола (табл. 2). Следует отметить также, что у исследованной форели экспрессия гена миозина увеличивалась с возрастом, что подтверждает наши предположения о том, что у трехлеток форели (2+) прирост скелетной мускулатуры и массанакпление происходит более интенсивно, чем у двухлеток (1+).

Активность фермента цитохром с оксидазы

При исследовании активности ЦО в белых мышцах форели было обнаружено, что активность фермента достоверно положительно коррелировала с весом и длиной рыб (табл.3), однако у рыб более старшего возраста в некоторой степени снижалось значение коэффициентов. Такая же зависимость была показана нами и на ряпушке (Мещерякова и др., 2008).

Анализ полученных нами данных (табл. 2) по экспрессии гена цитохром оксидазы в белых мышцах форели показал, что для двухлеток (1+) уровень экспрессии гена ЦО положительно коррелирует с показателями веса и длины особей обоих полов. Для трехлеток форели (2+) не установлено корреляции этого показателя с линейно-весовыми характеристиками рыб, что указывает на важность аэробного метаболизма в росте и развитии рыб на самых ранних этапах онтогенеза.

Особо важное значение аэробный метаболизм имеет для клеток печени рыб. Здесь тесно переплетаются метаболические пути углеводного, липидного и белкового обмена, синтезируются различные соединения для пластического и энергетического обмена, осуществляется детоксикационная функция. Энергообеспечение клеток печени осуществляется главным образом за счет аэробного синтеза АТФ. Следует отметить, что в печени ряпушки и беломорки высокие показатели веса и размера положительно коррелировали с активностью ЦО. Для ряпушки значения корреляции ЦО с весом составили (+0,67), с длиной (+0,63); для беломорки (+0,61) и (+0,76), соответственно. Поэтому активность этого фермента можно использовать в оценке энергообеспечения печени, ее функциональной активности и общего состояния организма.

Активность фермента лактатдегидрогеназы

Активность фермента ЛДГ в белых мышцах рыб связана с участием в анаэробном гликолизе, который является главным процессом энергообеспечения при интенсивных сокращениях мышц. Если оценивать темпы прироста мышечной массы и тип двигательного режима особей, то наибольшая скорость прироста мышечной массы у рыб и других позвоночных наблюдается при выполнении кратковременных силовых сокращений (Иванов и др., 1977; Аминев и др., 1984). Данные корреляционного анализа между показателями веса, длины и активностью фермента показали, что самые крупные особи форели имели наибольшую активность ЛДГ, причем достоверная корреляция отмечалась для всех возрастов (табл.3). Для ряпушки установлены такие же зависимости (Мещерякова и др., 2008). Поскольку достоверная корреляция ЛДГ с весом была выражена сильнее, чем с длиной тела, это указывает на более сильную связь этого показателя с приростом мышечной массы, чем с увеличением длины тела рыб. Обнаруженные возрастные различия этого показателя вместе с данными о разном уровне экспрессии миозина у двух- и трехлеток форели подтверждают наши предположения о том, что скорость прироста мышечной массы у форели в возрасте 2+ выше, чем в возрасте 1+.

Таблица 3

Значения коэффициентов корреляции между линейно-весовыми показателями и активностью ферментов в органах форели

Линейно- весовые показатели	Значения коэффициентов корреляции							
	с ферментами белых мышц				с ферментами печени			
	ЦО		ЛДГ		1-ГФДГ		Г-6-ФДГ	
	1+	2+	1+	2+	1+	2+	1+	2+
Вес	0,78*	0,51*	0,69*	0,64*	0,54*	0,75*	0,87*	0,93*
Длина	0,65*	0,52*	0,45*	0,53*	0,49	0,41	0,53*	0,34

* – достоверность значения коэффициента корреляции.

Таблица 4

Значения коэффициентов корреляции между линейно-весовыми показателями и активностью 1-глицерофосфатдегидрогеназы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы в печени ряпушки

Линейно-весовые показатели	Значения коэффициентов корреляции					
	1-ГФДГ			Г-6-ФДГ		
	0+	2+	3+	0+	2+	3+
Вес	0,64*	0,65*	0,69 *	0,69*	0,73*	0,78*
Длина	0,50*	0,53*	0,54	0,55*	0,59	0,59

* – достоверность значения коэффициента корреляции

Активность ферментов 1-глицерофосфатдегидрогеназы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы

Важнейшую роль в процессах роста и развития организма рыб, особенно в раннем онтогенезе играет печень. Роль фермента 1-ГФДГ в печени связана, главным образом, с процессом синтеза глицерофосфата из углеводов, который используется для синтеза структурных и запасных липидов (Harmon, Sheridan, 1992). Фермент Г-6-ФДГ участвует в функционировании пентозофосфатного пути, посредством которого образуются пентозы, использующиеся в синтезе нуклеиновых кислот, и генерируется восстановитель в форме НАДФН, использующийся в реакциях биосинтеза стероидов и жирных кислот (Tripathi, Verma, 2004). Таким образом, указанные ферменты печени играют важную роль в процессах пластического обмена, синтезе структурных и запасных липидов. По результатам нашего исследования в печени форели и ряпушки была отмечена положительная корреляция между показателями веса, длины и активностью ферментов 1-ГФДГ и Г-6-ФДГ (табл.3 и табл.4). Особенно высокие значения коэффициентов корреляции, увеличивающиеся с возрастом, наблюдаются между активностью этих ферментов и весом рыб. Это, скорее всего, связано с усилением синтеза и накоплением запасных веществ с возрастом.

Заключение

Таким образом, в результате исследований были установлены взаимосвязи некоторых биохимических параметров с линейно-весовыми характеристиками рыб. Согласно полученным данным, показатель РНК/ДНК отрицательно коррелирует с длиной и весом рыб, что указывает на снижение скорости ростовых процессов с увеличением размеров тела. Наблюдаемая положительная корреляция активности ЦО мышц и печени с размерами рыб позволяет заключить о значимости аэробного метаболизма в процессах роста, особенно на первых стадиях жизни. С увеличением веса в печени рыб увеличивается активность ферментов 1-ГФДГ и Г-6-ФДГ, что указывает на интенсификацию процессов липогенеза. Активность ЛДГ положительно коррелирует с размерами тела рыб. Уровень экспрессии гена тяжелой цепи миозина коррелирует с размерами особей форели. Установленное увеличение экспрессии гена миозина с длиной и весом форели позволяет заключить об усилении прироста мышечной массы в возрасте 2+.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы России» НШ-306.2008.4; гранта РФФИ 08-04-01140, программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России».

Литература

- Аmineva B. A., Yrzhombek A. A., 1984. Физиология рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. 200 с.
- Дгебуадзе Ю. Ю., 2001. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. М.: Наука. 276 с.
- Иванов И. И. Коровкин Б. Ф., Пинаев Г. П., 1977. Биохимия мышц. М.: Медицина. 344 с.
- Кочетов Г.А., 1980. Практическое руководство по энзимологии. М.: Высшая школа. 272 с.
- Лебская Т.К., Зайцев В.Б. 1985. Ультраструктура белой скелетной мускулатуры молоди семги (*Salmo salar* L.), выращиваемой на рыбоводном заводе. – В кн.: Проблемы биологии и экологии атлантического лосося. Л.: Наука, С. 34–45.
- Мещерякова О.В., Чурова М.В., Немова Н.Н. 2008. Биохимические методы оценки роста и развития рыб. Корреляции активности некоторых ферментов метаболизма с показателями веса и роста особей и у разных возрастных групп ряпушки оз. Сямозеро (Республика Карелия) // Организмы, популяция, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия: Материалы всероссийской конференции с международным участием «Водные и наземные экосистемы: проблемы и перспективы исследований». Вологда. С.71–75.
- Aljanabi S. M., Martinez I., 1977. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques // Nucleic Acid Res. V.25. P.4692–4693.
- Buckley L. G., Lough R. G., 1987. Recent growth, biochemical composition and prey field of larval haddock, *Melanogrammus aeglefinus* and Atlantic cod, *Gadus morhua* on Georges Bank // Can.J.Fish.aquat.Sci. V.44. P.4–25.
- Dhillon R. S., Wang Y., Tufts B. L., 2008. Using molecular tools to assess muscle growth in fish: Applications for aquaculture and fisheries management // Comparative Biochemistry and Physiology. Part C: Toxicology and Pharmacology. V.148. P.452.
- Grant G. C. 1996., RNA-DNA ratios in white muscle tissue biopsies reflect recent growth rates of adult brown trout // Journal of Fish Biology. N48. P.1223–1230.
- Harmon J. S., Sheridan M. A., 1992. Glucose-stimulated lipolysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver // J. Fish Physiol. and Biochem. V. 10. P.189–199.]

Hevroy E.M., Jordal A-E.O., Hordvik I., Espe M., Hemre G-I., Olsvik P.A. 2006. Myosin heavy chain mRNA expression correlates higher with muscle protein accretion than growth in Atlantic salmon, *Salmo salar* // Aquaculture. V. 252. P.453–461.

Houlihan D.F., Mathers E.M., Foster A., 1993. Biochemical correlates of growth rate in fish // Fish Ecophysiology / J.C. Rankin, F.B. Jensen. – London UK. Chapter 2. P.45 – 71.

Koltitz C., Borthaire M., Richart N., Corraze G., Panserat S., Vachot C., Lefevre F., Medale F., 2008. Liver and muscle metabolic changes induced by dietary energy content and genetic selection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. V.294. P.1154–1164.

Overturf K., Hardy R., 2001. Myosin expression levels in trout muscle: a new method of monitoring specific growth rates for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) on varied planes of nutrition // Aquat. Res. V.32. P.315–322.

Pelletier D., Blier P., Dutil J.D., Guderley H. 1995. How should enzyme activities be used in fish growth studies? // J. Exp. Biol. V.198. P.1493–1500.

Smith L., 1995. Spectrophotometric assay of cytochrome c oxidase // Methods in Biochem. Analysis. V.2. P.427–434.

Tripathi G., Verma P., 2004. Sex-specific metabolic changes in the annual reproductive cycle of a freshwater catfish // Comparative Biochemistry and Physiology. Part B: Biochemistry and Molecular Biology. V.137. P.101–106.

Tripathi G., Verma P., 2004. Scaling effects on metabolism of a teleost // Journal of Experimental zoology. V.301A. P.718–716.

Vinagre C., Fonseca V., Maia A., Amara R., Cabral H., 2008. Habitat specific growth rates and condition indices for the sympatric soles *Solea solea* (Linnaeus, 1758) and *Solea senegalensis* (Kaup, 1858), in the Tagus estuary, Portugal, based on otolith daily increments and RNA-DNA ratio // Journal of Applied Ichthyology. V.24 P.163–169.

CORRELATION OF BIOCHEMICAL PARAMETERS AND SIZES OF INDIVIDUALS OF SEVERAL FISH SPECIES

M.V. Churova¹, O.V. Mescherjakova¹, M.I. Shatunovsky², N.N. Nemova¹

¹Institute of biology of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

²Severtsov Institute of Ecology and Evolution of RAS, Moscow, Russia

e-mail: mchurova@yandex.ru

The present study was designed to elucidate the relationship the several biochemical parameters with weight and length of fish. We studied the RNA/DNA ratio, expression of Myosin hard chain gene, activities of cytochrome c oxidase (CCO), lactate dehydrogenase (LDH), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH) and 1-glycerophosphate dehydrogenase (α GPDH) in whitefish, White Sea herring and rainbow trout.

ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ФИТОПЛАНКТОНА В ОЦЕНКЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КАЧЕСТВА ВОД БОЛЬШИХ ОЗЕР ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

А.Н. Шаров

Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН,

г. Москва, Россия

e-mail: sharov_an@mail.ru

Сообщества пресноводного фитопланктона обладают относительно высокой чувствительностью к загрязнению, оцениваемому по химическим показателям качества вод. Кроме того, водоросли имеют высокую скорость воспроизводства, что позволяет быстро реагировать на изменяющиеся условия среды [Барина и др., 2006]. Изучению особенностей развития фитопланктона в условиях антропогенного эвтрофирования озер посвящено много работ [Петрова, 1990; Трифонова, 1990]. Разработаны шкалы классификации трофического состояния водоемов по фитопланктону [Трифопова, 1990; Tikkanen, 1986]. Биоиндикационные аспекты экологии водорослей изучены достаточно полно [Барина и др., 2006]. Наибольший интерес для оценки состояния водных экосистем представляют долговременные исследования сообществ в изменяющихся условиях среды обитания.