

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. О. В. КУУСИНЕНА

На правах рукописи

ВЫСОЦКАЯ Римма Ульяновна

**УГЛЕВОДНЫЙ, ЛИПИДНЫЙ
И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ
ГЕЛЬМИНТОВ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ**

(03.00.04, биологическая химия)

Автореферат

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

**Петрозаводск
1973**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. О. В. КУУСИНЕНА

На правах рукописи

ВЫСОЦКАЯ Римма Ульяновна

**УГЛЕВОДНЫЙ, ЛИПИДНЫЙ
И АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ
ГЕЛЬМИНТОВ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ**

(03.00.04, биологическая химия)

Автореферат

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Петрозаводск
1973

Работа выполнена в лаборатории биохимии Института биологии Карельского филиала Академии наук СССР.

Научные руководители: доктор биологических наук **И. Е. Быховская** и кандидат биологических наук **В. С. Сидоров**.

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки РСФСР и КАССР, доктор биологических наук **А. С. Лутта** и кандидат биологических наук **Т. Е. Павловская**.

Ведущее учреждение — Лаборатория гельминтологии Академии наук СССР, г. Москва.

Автореферат разослан «...» 1973 г.

Защита диссертации состоится в 15 часов «...» 1973 г. на заседании Секционного Совета по присуждению ученых степеней по естественным наукам Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена (Петрозаводск, пр. Ленина, 33, ауд. 361).

Ученый секретарь Совета — доцент **М. Н. Русанова**.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.



Адаптация к условиям обитания внутри организма хозяина определенным образом сказывается на характере биохимических процессов у паразитических червей, поэтому исследование особенностей химического состава и обмена веществ у паразитов, сравнение его с обменом веществ хозяина представляет интерес для решения целого ряда вопросов теоретической биохимии.

Отдельные типы обмена веществ, некоторые необычные соединения, молекулярные структуры несут на себе отпечаток видовой и более широкой специфичности и могут быть использованы для выявления родственных отношений между различными таксономическими группами животных, в частности, для биохимической систематики гельминтов.

Биохимические исследования могут оказать существенную помощь практике гельминтологии в разработке проблемы девастиации, в подборе новых химиотерапевтических средств воздействия на паразитов. Глубокое изучение биохимических особенностей гельминта, сравнение его обменных процессов с соответствующими процессами у хозяина может помочь в подборе антигельминтных веществ, обладающих избирательной токсичностью только для гельминта.

Биохимия гельминтов все еще изучена слабо. Однако, вопрос о химическом строении паразитических червей интересовал ученых с давних времен. Первые исследования такого рода были проведены более ста лет назад (Foster, 1865). Интерес к биохимии и физиологии гельминтов вполне оправдан, так как они представляют собой особую группу животных, приспособившихся к эндопаразитизму. Целый ряд особенностей метаболизма, строения тела и образа жизни этих животных привлекли внимание исследователей, занимающихся сравнительной и эволюционной биохимией. Интерес этот усилился в последние два десятилетия, свидетельством чего является увеличение числа публикуемых работ по биохимии и физиологии паразитов (Моулдер, 1965; Brand, 1966; Smyth, 1966; 1969; Lee, 1965; Read, 1968; 1970). Детально изучается химический состав тела червей, а где это возможно и отдельных органов и тканей, полостных жидкостей.

Имеющиеся данные указывают, что основным запасным полисахаридом у всех изученных эндопаразитических червей является гликоген, который откладывается в теле гельминта в колоссальных количествах и служит источником энергии (Weinland, 1904; Смородинцев, Бебешин, 1935, 1936; Лутта, 1939; Марков, 1950; Гинецинская, 1960; Brand, 1966). Из простых сахаров в теле гельминтов обнаружены глюкоза и трегалоза (Passey, Fairbairn, 1957; Fairbairn, 1957). В составе липидов тела паразитических червей показано присутствие всех основных классов липидов, обнаруженных у других животных (Harrington, 1965). Детально изучен состав жирных кислот, входящих в состав сложных липидов гельминтов теплокровных животных (Ginger, Fairbairn, 1966; Meyer et al., 1966). Имеются данные о белках, аминокислотах, входящих в состав тела паразитических червей (Каныгина, 1952; Полякова, 1959; Салменкова, 1966; Rogers, 1955; Campbell, 1960; Goodchild a. Dennis, 1966; Simmons, 1969). У некоторых видов определены новые редко или вовсе не встречающиеся в живой природе соединения. Пример тому — белок аскаридин, найденный в половых органах аскарид.

Одним из центральных направлений исследования гельминтов становится изучение тех особенностей химического строения и метаболизма, которые возникли под влиянием необычных условий обитания и выделяют гельминтов из общего плана биохимической организации животного мира.

Большинство работ отечественных и зарубежных ученых по биохимии гельминтов охватывает небольшой круг паразитических червей. В основном, это крупные паразиты человека, домашних и сельскохозяйственных животных, материал легко доступный и имеющийся в большом количестве. Крайне недостаточно в биохимическом отношении изучены гельминты рыб.

Работ по углеводному, липидному и аминокислотному составу паразитических червей рыб очень мало, а по Карелии таких данных нет вообще. Вопрос об изменении углеводного, липидного и аминокислотного состава тканей паразитических червей рыб в зависимости от стадии зрелости червя, условий его обитания, а также от вида и экологии хозяина и ряда других факторов совершенно не исследован. В то же время изучение этих вопросов представляет большой теоретический и практический интерес.

Во-первых, изучение новых видов гельминтов увеличит имеющуюся информацию о химическом строении тела пара-

зитических червей. Не исключено наличие в химическом строении тела гельминтов рыб каких-либо необычных, специфических особенностей.

Во-вторых, данные, полученные при выяснении влияния условий обитания на химический состав тела и обмен веществ гельминтов, были бы определенным вкладом в изучение одной из важнейших проблем паразитологии — организм как среда обитания паразита, поставленной академиком Е. Н. Павловским (1961).

В-третьих, результаты исследований позволили бы сравнить паразитов холонокровных и теплокровных животных и найти новые механизмы адаптации гельминтов к паразитизму.

И, наконец, биохимическое исследование метаболизма паразитов и взаимной адаптации паразитических червей и рыб может оказать существенную помощь в борьбе с гельминтозами рыб. Гельминты, поселяясь в тканях рыб, наносят вред рыбоводству, вызывая истощение, а в некоторых случаях и массовую гибель рыб. Встает очень важная проблема разработки методов деинвазии водоемов, что в условиях Карелии, особенно сейчас при интенсивном развитии искусственного рыборазведения имеет актуальное значение. Биохимические данные могут указать здесь место приложения эффективных антигельминтных препаратов.

Задачей настоящего исследования было сравнительное изучение химического строения тела представителей четырех классов паразитических червей пресноводных рыб Карелии (цестоды, трематоды, нематоды, скребни) и их хозяев.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ РАБОТЫ

Материал для исследований был собран весной, летом и осенью 1968, 1969, 1970 гг. в различных районах Карелии.

Из класса цестод исследовались гельминты пяти видов: *Triaenophorus nodulosus* Pallas 1781 (из щуки, налима, колюшки), *Proteocephalus exiguus* La Rue 1911 (из ряпушки и сига), *Eubothrium crassum* Bloch 1779 (из лосося и форели), плероцеркоиды *Ligula intestinalis* L. 1758 (из полости тела плотвы), плероцеркоиды *Schistocephalus solidus* Müller 1776 (из полости тела колюшки трехиглой). Класс трематод представлен паразитом щуки *Azygia lucii* Müller 1776, класс нематод — паразитом щуки *Raphidascaris acus* Bloch 1779, класс акантоцефал — паразитом кишечника лосося *Echinorhynchus salmonis* Müller 1780.

Вскрытие рыбы, извлечение и определение паразитических червей осуществлялось при непосредственном участии ихтиопаразитологов лаборатории паразитологии Института биологии Карельского филиала АН СССР, использовались методические пособия И. Е. Быховской (1952, 1969), «Определитель паразитов пресноводных рыб СССР» (1962).

Материал, предназначенный для определения углеводов и аминокислот, фиксировался в этиловом спирте, а для определения липидов — в смеси хлороформа и метилового спирта (2 : 1). Навеску тканей рыб и гельминтов брали около 1 г. Следует указать, что в этом количестве содержится от 50 до 500 экземпляров гельминтов в зависимости от вида. Таким образом, уже сама проба, взятая для фиксации, представляла собой в значительной степени усредненный материал, в котором нивелировались возможные различия между отдельными особями гельминтов. Всего исследовано 443 пробы. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики (Рокицкий, 1967).

Углеводы из тканей животных экстрагировались 80% этиловым спиртом по методике, предложенной А. Н. Смолиным и др. (1969). Качественный и количественный анализ углеводов осуществлялся с помощью метода бумажной хроматографии. Количество глюкозы определялось анилинфталатным методом, описанным И. Г. Завадской, Г. И. Горбачевой, Н. С. Мамушиной (1962). Гликоген из фиксированного материала выделялся растворами трихлоруксусной кислоты различных концентраций и осаждался этиловым спиртом. Количество гликогена рассчитывалось по содержанию глюкозы в гидролизате гликогена.

Экстрагирование свободных аминокислот проводилось 80% этиловым спиртом, полученный экстракт для очистки от белков и липидов обрабатывался хлороформом и водой. Для определения аминокислот, входящих в состав белков, ткани гельминтов и их хозяев подвергались гидролизу с 6N соляной кислотой. Гидролизат, освобожденный от соляной кислоты, использовался для качественного и количественного определения аминокислотного состава методом одномерной и двумерной хроматографии на бумаге с последующей элюцией проявленных нингидрином пятен аминокислот раствором сернокислой меди в 75% этиловом спирте и колориметрированием растворов на фотоэлектроколориметре ФЭК-М.

Липиды экстрагировались из тканей по методу Фолча, разделялись на фракции методом тонкослойной хроматографии

по Э. Шталю (1965). Количество фосфолипидов и триглицеридов определялось по методу Волча, Банасика и Джиллиса, холестерина — по методу Ильке, Оба метода применялись в модификации предложенной сотрудником лаборатории биохимии Института биологии Карельского филиала АН СССР Е. И. Лизенко (1972).

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. УГЛЕВОДЫ ГЕЛЬМИНТОВ РЫБ

Определение качественного состава и количественного содержания простых углеводов проведено у шести видов паразитических червей рыб: *Triaenophorus nodulosus*, *Eubothrium crassum*, *Proteocephalus exiguus*, *Echinorhynchus salmonis*, *Azygia lucii*, *Raphidascaris acus*. У всех исследованных гельминтов основным простым сахаром является глюкоза, только у цестоды *Eubothrium crassum*, паразитирующей в желудке лосося, обнаружен еще один сахар, который был идентифицирован как трегалоза. Данные по количественному содержанию глюкозы представлены в таблице 1.

Показано, что количество простых сахаров в теле гельминтов изменяется в зависимости от экологии хозяина и стадии зрелости червя. Так, у цестоды *Triaenophorus nodulosus*, взятой из щук, обитающих на севере Карелии, содержится значительно больше глюкозы, чем у этой же цестоды из щук южных озер Карелии. Для молодых особей этого паразита характерно большее содержание глюкозы, чем для половозрелых, извлеченных из одной и той же щуки.

Основным компонентом во фракции запасных сахаров гельминтов является гликоген, количество которого определено у пяти видов паразитов (табл. 1). Следует указать, что и в этом случае обращает на себя внимание цестода *Eubothrium crassum* (из пилорических придатков лосося), в теле которой гликоген не обнаружен.

Результаты настоящей работы подтверждают известный из литературы факт о высоком уровне содержания гликогена у личинок цестод. Так у плероцеркоидов *Schistocephalus solidus* гликоген составляет 30,0% сухого веса, что намного превышает содержание этого полисахарида в теле половозрелых цестод рыб.

Содержание углеводов в теле гельминтов рыб

| Гельминт | Содержится в % к сухому весу | |
|---|------------------------------|-----------|
| | глюкозы | гликогена |
| Цестоды | | |
| <i>Triaenophorus nodulosus</i> | 1,8 | 5,6 |
| <i>Eubothrium crassum</i> | 0,46 | нет |
| <i>Proteocephalus exiguus</i> | 0,62 | — |
| <i>Schistocephalus solidus</i> (плероцеркоиды) | — | 30,0 |
| Акантоцефалы | | |
| <i>Echinorhynchus salmonis</i> | 0,25 | 9,4 |
| Трематоды | | |
| <i>Azygia luci</i> | 0,57 | — |
| Нематоды | | |
| <i>Raphidascaris acus</i> | 1,47 | 6,5 |

2. ЛИПИДЫ ГЕЛЬМИНТОВ РЫБ

Состав фракции липидов исследован у восьми видов гельминтов рыб: *Triaenophorus nodulosus*, *Eubothrium crassum*, *Proteocephalus exiguus*, плероцеркоидов *Ligula intestinalis*, плероцеркоидов *Schistocephalus solidus*, *Azygia luci*, *Raphidascaris acus*, *Echinorhynchus salmonis*. Качественного различия между отдельными видами по содержанию основных классов липидов не наблюдается. На всех хроматограммах хлороформ-метанольный экстракт делится на шесть групп: фосфолипиды, свободный холестерин, свободные жирные кислоты, триглицериды, эфиры холестерина, углеводороды.

Содержание основных классов липидов в теле гельминтов рыб

| Гельминт | В % к общим липидам | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------|------------|---------------|
| | фосфатиды | триглицериды | холестерин | другие липиды |
| Цестоды | | | | |
| <i>Triaenophorus nodulosus</i> | 45,2 ± 3,8 | 50,6 ± 2,3 | 3,7 ± 0,5 | 0,5 ± 0,02 |
| <i>Eubothrium crassum</i> | 56,1 ± 1,4 | 30,9 ± 0,9 | 12,9 ± 0,1 | 0,1 ± 0,001 |
| <i>Proteocephalus exiguus</i> | 46,6 ± 1,5 | 17,5 ± 0,5 | 7,0 ± 0,6 | 28,9 ± 0,4 |
| <i>Schistocephalus solidus</i> | 52,0 ± 1,0 | 35,4 ± 0,4 | 12,5 ± 0,5 | 0,1 ± 0,08 |
| Трематоды | | | | |
| <i>Azygia lucii</i> | 66,3 ± 2,3 | 21,5 ± 0,9 | 10,6 ± 0,5 | 1,6 ± 0,1 |
| Нематоды | | | | |
| <i>Raphidascaris acus</i> | 75,0 ± 1,8 | 20,4 ± 1,1 | 2,9 ± 0,6 | 1,7 ± 0,2 |
| Акантоцефалы | | | | |
| <i>Echinorhynchus salmonis</i> | 34,5 ± 2,0 | 34,5 ± 1,9 | 4,1 ± 0,3 | 26,9 ± 0,8 |

Количественное определение показало, что фосфолипиды и триглицериды составляют большую часть общих липидов, запасные липиды — триглицериды — 20—40%, а структурные липиды — фосфолипиды — 30—70% от общего количества липидов (табл. 2).

Усредненные данные по содержанию общих липидов у исследованных гельминтов рыб показывают, что для большинства видов характерна достаточно высокая концентрация этих веществ (табл. 3). Отмечается, что взрослые неполовозрелые и личиночные формы цестоды *Triaenophorus nodulosus* содержат меньше липидов, чем половозрелые особи (23,9%, 39,7% сухого веса, соответственно).

Содержание липидов, особенно триглицеридов и фосфолипидов, подвержено широким колебаниям в зависимости от сезона года и условий обитания хозяина (табл. 4).

Существует определенная зависимость между количеством липидов в теле червя и видом хозяина, в котором первый паразитирует (табл. 5).

Таблица 3

Содержание общих липидов в теле гельминтов рыб

| Гельминт | Количество липидов в % к сухому весу |
|--------------------------------|---|
| Цестоды | |
| <i>Triaenophorus nodulosus</i> | 25,7 ± 1,1 |
| <i>Eubothrium crassum</i> | 31,6 ± 2,6 |
| <i>Proteocephalus exiguus</i> | 29,2 ± 1,9 |
| <i>Ligula intestinalis</i> | 14,2 ± 0,5 |
| <i>Schistocephalus solidus</i> | 9,8 ± 0,7 |
| Трематоды | |
| <i>Azygia luci</i> | 12,8 ± 1,1 |
| Нематоды | |
| <i>Raphidascaris acus</i> | 17,8 ± 0,7 |
| Акантоцефалы | |
| <i>Echinorhynchus salmonis</i> | 27,8 ± 1,1 |

Содержание липидов в теле *Protocephalus exiguus* в зависимости от места обитания хозяина (в % к сухому весу)

| Место обитания хозяина | Время взятия пробы | Общие липиды | Фосфатиды | Триглицериды | Холестерин | Другие липиды |
|------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Уросозеро | октябрь 1970 г. | $18,7 \pm 0,5$ | $14,2 \pm 0,5$ | $1,6 \pm 0,07$ | $1,8 \pm 0,06$ | $1,1 \pm 0,1$ |
| Сяпчезеро | октябрь 1970 г. | $24,2 \pm 1,0$ | $9,5 \pm 0,2$ | $2,1 \pm 0,1$ | $4,3 \pm 0,3$ | $8,3 \pm 0,4$ |
| оз. Вендюрское | октябрь 1970 г. | $31,5 \pm 1,3$ | $22,5 \pm 0,4$ | $3,5 \pm 0,2$ | $5,3 \pm 0,2$ | $0,2 \pm 0,06$ |
| Рингозеро | октябрь 1970 г. | $38,0 \pm 2,4$ | $24,7 \pm 0,4$ | $1,4 \pm 0,09$ | $6,8 \pm 0,4$ | $5,1 \pm 0,4$ |

Содержание липидов у гельминтов в зависимости от вида хозяина (в % к сухому весу)

| Гельминт | Хозяин | Общие липиды | Фосфатиды | Триглицериды | Холестерин | Другие липиды |
|--------------------------------|---------|--------------|------------|--------------|------------|---------------|
| Цестоды | | | | | | |
| <i>Triaenophorus nodulosus</i> | налим | 15,3 ± 0,5 | 7,2 ± 0,3 | 3,2 ± 0,4 | 1,1 ± 0,08 | 3,6 ± 0,3 |
| | колюшка | 8,8 ± 0,4 | 5,3 ± 0,4 | 2,5 ± 0,1 | 0,5 ± 0,08 | 0,5 ± 0,08 |
| | щука | 22,5 ± 0,4 | 10,2 ± 0,4 | 8,1 ± 0,3 | 1,4 ± 0,2 | 2,1 ± 0,1 |
| <i>Eubothrium crassum</i> | форель | 27,6 ± 0,3 | 10,1 ± 0,2 | 7,1 ± 0,2 | 1,6 ± 0,07 | 8,8 ± 0,3 |
| | лосось | 37,5 ± 0,6 | 24,4 ± 0,4 | 9,3 ± 0,3 | 3,0 ± 0,2 | 0,4 ± 0,06 |
| <i>Proteocephalus exiguus</i> | ряпушка | 35,6 ± 0,2 | 17,5 ± 0,2 | 11,5 ± 0,3 | 2,2 ± 0,1 | 4,3 ± 0,4 |
| | сиг | 26,0 ± 0,1 | 13,6 ± 0,2 | 4,3 ± 0,1 | 1,6 ± 0,1 | 6,5 ± 0,2 |
| Трематоды | | | | | | |
| <i>Azygia lucii</i> | щука | 11,0 ± 0,3 | 6,8 ± 0,2 | 2,6 ± 0,1 | 1,2 ± 0,1 | 0,4 ± 0,06 |
| | налим | 21,2 ± 0,5 | 9,4 ± 0,2 | 4,5 ± 0,2 | 1,2 ± 0,06 | 6,1 ± 0,3 |

3. АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ГЕЛЬМИНТОВ РЫБ СВОБОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

Состав фракции свободных аминокислот изучен у трех видов паразитических червей: *Eubothrium crassum*, *Triacnophorus nodulosus*, плероцеркоидов *Ligula intestinalis*. Качественного различия в их составе между отдельными видами не наблюдается, идентифицировано 18 аминокислот: цистин+цистеин, лизин, аргинин, гистидин, аспарагиновая кислота, глицин, серин, треонин, глутаминовая кислота, пролин, аланин, тирозин, валин, метионин, фенилаланин, лейцин, изолейцин.

Количество свободных аминокислот в теле гельминтов рыб довольно высокое, преобладают глутаминовая кислота (до 26,5% от суммы аминокислот), серин, глицин, пролин, валин.

АМИНОКИСЛОТЫ СУММАРНЫХ БЕЛКОВ ГЕЛЬМИНТОВ РЫБ

В гидролизатах суммарных белков изученных цестод, нематод, трематод и акантоцефал, а также в белках тканей рыб найдены те же аминокислоты, что и во фракции свободных аминокислот. Отсутствие триптофана и цистина объясняется разрушением их при кислотном гидролизе.

В белках тела гельминтов рыб не были обнаружены оксипролин и оксилизин, что коррелирует с отсутствием этих аминокислот и в тканях рыб, взятых из места локализации гельминтов.

Анализ данных по количественному содержанию связанных аминокислот в тканях всех гельминтов показывает, что в наибольшем количестве содержатся аргинин, лизин, глицин, серин, аланин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты (табл. 6).

Сравнение количественного содержания аминокислот в теле хозяина зараженного и незараженного паразитом, показывает, что при заражении рыбы гельминтами происходят некоторые изменения в соотношении аминокислот ее белков. Аминокислотные составы белков тела паразита и тканей хозяина из места локализации червя идентичны как качественно, так и количественно.

Аминокислотный состав суммарных белков тела

| Аминокислоты | Трематоды | | |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | <i>Azygia lucii</i> | <i>Triacrophorus nodulosus</i> | <i>Eubothrium crassum</i> |
| Цистеин | 1,3 ± 0,09 | 0,6 ± 0,05 | 0,3 ± 0,001 |
| Аргинин | 7,3 ± 0,2 | 5,9 ± 0,2 | 7,7 ± 0,3 |
| Лизин | 7,7 ± 0,2 | 10,7 ± 0,3 | 7,7 ± 0,1 |
| Гистидин | 0,3 ± 0,005 | 2,4 ± 0,09 | 1,9 ± 0,04 |
| Аспарагиновая кислота | 5,8 ± 0,3 | 8,3 ± 0,3 | 4,5 ± 0,1 |
| Глицин | 5,3 ± 0,1 | 7,0 ± 0,2 | 6,1 ± 0,1 |
| Серин | 4,6 ± 0,1 | 7,1 ± 0,1 | 5,8 ± 0,4 |
| Глутаминовая кислота | 17,0 ± 0,6 | 14,5 ± 0,4 | 15,7 ± 1,0 |
| Треонин | 5,5 ± 0,5 | 5,9 ± 0,1 | 5,1 ± 0,2 |
| Аланин | 11,6 ± 0,4 | 11,3 ± 0,2 | 13,0 ± 0,3 |
| Пролин | 1,4 ± 0,1 | 2,4 ± 0,1 | 1,9 ± 0,2 |
| Тирозин | 1,7 ± 0,1 | 2,4 ± 0,04 | 3,2 ± 0,1 |
| Валин | 11,0 ± 0,3 | 7,8 ± 0,5 | 7,0 ± 0,2 |
| Метионин | 1,3 ± 0,06 | 0,2 ± 0,001 | 3,9 ± 0,1 |
| Фенилаланин | 1,9 ± 0,09 | 2,8 ± 0,03 | 2,6 ± 0,3 |
| Лейцин | 14,2 ± 0,4 | 2,4 ± 0,1 | 9,0 ± 0,05 |
| Изолейцин | 2,2 ± 0,08 | 9,4 ± 0,2 | 5,4 ± 0,2 |
| <u>Основные</u> | | | |
| Дикарбоновые | 0,67 | 0,83 | 0,85 |
| <u>Гидрофильные</u> | | | |
| Гидрофобные | 1,16 | 1,48 | 1,33 |

Таблица 6

гельминтов рыб (в % к сумме аминокислот)

| Цестоды | | | Нематоды | Акантоцефалы |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| <i>Ligula intestinalis</i> | <i>Schistocephalus solidus</i> | <i>Proteocephalus exiguus</i> | <i>Raphidascaris acus</i> | <i>Echinorhynchus salmionis</i> |
| 0,1 ± 0,001 | 0,6 ± 0,04 | 0,5 ± 0,07 | 0,7 ± 0,03 | 0,7 ± 0,03 |
| 3,9 ± 0,3 | 6,8 ± 0,1 | 9,6 ± 0,4 | 4,1 ± 0,3 | 6,6 ± 0,1 |
| 10,4 ± 0,2 | 9,1 ± 0,3 | 7,9 ± 0,3 | 7,3 ± 0,3 | 9,7 ± 0,2 |
| 1,7 ± 0,1 | 1,3 ± 0,08 | 0,5 ± 0,09 | 2,1 ± 0,1 | 1,1 ± 0,09 |
| 9,1 ± 0,3 | 5,8 ± 0,2 | 6,0 ± 0,1 | 5,9 ± 0,2 | 7,6 ± 0,4 |
| 5,9 ± 0,2 | 5,7 ± 0,2 | 7,4 ± 0,1 | 4,6 ± 0,1 | 6,7 ± 0,2 |
| 6,2 ± 0,1 | 6,8 ± 0,3 | 6,3 ± 0,1 | 6,0 ± 0,2 | 5,5 ± 0,1 |
| 13,9 ± 0,7 | 15,7 ± 0,8 | 16,8 ± 0,9 | 15,6 ± 0,6 | 15,6 ± 0,8 |
| 5,0 ± 0,1 | 5,5 ± 0,1 | 4,7 ± 0,2 | 5,9 ± 0,2 | 4,0 ± 0,1 |
| 15,3 ± 0,5 | 12,5 ± 0,4 | 12,1 ± 0,5 | 16,2 ± 0,4 | 14,7 ± 0,2 |
| 1,1 ± 0,08 | 5,1 ± 0,1 | 1,1 ± 0,02 | 1,6 ± 0,1 | 6,3 ± 0,1 |
| 2,7 ± 0,05 | 2,3 ± 0,07 | 1,6 ± 0,04 | 2,4 ± 0,1 | 1,9 ± 0,1 |
| 9,5 ± 0,4 | 10,6 ± 0,5 | 8,9 ± 0,8 | 10,3 ± 0,4 | 5,1 ± 0,1 |
| 2,2 ± 0,09 | 2,5 ± 0,08 | 2,9 ± 0,1 | 2,3 ± 0,08 | 1,7 ± 0,08 |
| 1,3 ± 0,07 | 1,7 ± 0,06 | 1,4 ± 0,04 | 2,8 ± 0,06 | 1,3 ± 0,04 |
| 7,7 ± 0,2 | 2,3 ± 0,08 | 11,3 ± 0,5 | 11,2 ± 0,4 | 5,7 ± 0,2 |
| 4,0 ± 0,2 | 6,3 ± 0,1 | 1,0 ± 0,03 | 1,6 ± 0,05 | 5,9 ± 0,2 |
| 0,69 | 0,80 | 0,79 | 0,62 | 0,75 |
| 1,28 | 1,57 | 1,37 | 1,15 | 1,53 |

Исследование аминокислотного состава белков у червей одного вида, взятых из хозяев, отличающихся местом обитания, показало, что в соотношении аминокислот происходят изменения в зависимости от изменения условий окружающей среды.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Жизненные условия паразитов существенно отличаются от условий жизни свободно живущих организмов. Живя за счет другого организма, гельминт должен адаптироваться к морфологии, экологии и биохимии хозяина.

Результаты исследований показывают, что при адаптации гельминтов к паразитированию происходят интересные изменения в углеводном обмене. Так из простых сахаров в теле паразитических червей рыб в наибольшем количестве содержится лишь один углевод — глюкоза. Интересно, что по данным Б. Р. Брускина, Е. М. Ефимцевой (1964), Т. Бранда (Brand, 1966), у паразитических червей теплокровных животных обнаружены и другие сахара, в частности, галактоза и арабиноза. Возможно, отсутствие этих сахаров у гельминтов рыб указывает на различия в обмене веществ гельминтов холоднокровных и теплокровных животных.

По данным ряда авторов, у моллюсков, насекомых, растений, а также у гельминтов теплокровных позвоночных обнаружена в значительных количествах трегалоза (Егорова, 1965; Brand, 1966). Анализ углеводного состава гельминтов пресноводных рыб показал, что лишь у цестоды *Eubothrium crassum* этот дисахарид содержится в довольно большом количестве.

Сравнивая данные по содержанию глюкозы и гликогена у гельминтов рыб и гельминтов теплокровных животных можно отметить, что у гельминтов рыб количество глюкозы несколько выше и диапазон его колебаний от вида к виду меньше, чем у гельминтов теплокровных. В то же время, большинство исследованных паразитов рыб содержит меньше запасного гликогена, чем гельминты других позвоночных. Из литературы известно, что эндопаразитические черви запасают колоссальные количества гликогена (Сморodinцев, Бебешин, 1935, 1936; Лутта, 1939; Иванов, 1950; Brand, 1966), причем сказано, что более других накапливают гликогена те паразиты, хозяева которых находятся на богатой углеводами диете (Brand, 1933). Все исследованные в данной работе гельминты паразитируют у хищных рыб, основными компонентами пищи

которых являются белки и липиды (Ловерн, 1953), поэтому трудно ожидать, что гельминты рыб при таком питании хозяев будут накапливать много запасных полисахаридов.

Липидный состав тканей гельминтов и обмен липидов также несут на себе отпечаток адаптации к необычным условиям окружающей среды. Для многих исследованных видов, особенно для половозрелых цестод, характерны высокие концентрации липидов в тканях, что согласуется с данными других авторов для гельминтов теплокровных позвоночных. Основную часть липидов у паразитов рыб, также как и у других паразитических червей, составляют фосфатиды и триглицериды. Следует указать, что и для хозяев изученных червей отмечается аналогичное содержание основных классов липидов (Лизенко и др., 1969, 1972).

Вопрос о происхождении и утилизации липидов у эндопаразитических червей, живущих в условиях почти полного анаэробноза, еще не решен окончательно. Учитывая утерю паразитическими червями способности синтезировать самостоятельно жирные кислоты и стеролы, сходную с хозяевами потребность в жирных кислотах, а также наличие в окружающей их среде (тканях хозяина) большого количества липидов, можно предположить, что накопление в теле гельминтов больших запасов липидов объясняется использованием липидов тела хозяина. В связи с этим интересно отметить, что больше липидов накапливается у червей, живущих в специфичных для них хозяевах. Вероятно, степень адаптации в этом случае выше.

Высокая степень взаимной адаптации паразитических червей и их хозяев прослеживается и при изучении аминокислотного состава тела гельминтов и рыб.

Во фракции свободных аминокислот исследованных червей количественно преобладают глутаминовая кислота, что весьма характерно для беспозвоночных вообще (Степанюк, 1967), и глицин, который по данным Симмонса (Simmons, 1969), содержится в большом количестве у ленточных червей акул.

Высокое содержание свободных аминокислот в теле изученных цестод можно объяснить их малоподвижным образом жизни, так как показано на рыбах и других животных, что количество свободных аминокислот в тканях животных уменьшается по мере возрастания мышечной активности (Юдаев, 1950; Северин, Вульфсон, 1959). С другой стороны, этими же авторами отмечается уменьшение содержания свободных аминокислот и увеличение содержания дипептидов в процессе

эволюционного развития животных. Поэтому закономерно наличие больших количеств свободных аминокислот в тканях цестод, стоящих на низших ступенях эволюции.

Аминокислотный состав суммарных белков изученных представителей цестод, трематод, нематод и акантоцефал качественно одинаков и сходен с таковым хозяев — рыб. Во всех гидролизатах идентифицировано 17 аминокислот. Аналогичные результаты получены целым рядом авторов, изучавших аминокислотный состав различных органов и тканей рыб (Корженко, 1967; Масленникова, 1968; Ускова, Чайковская, 1971). Можно предположить, что большое сходство аминокислотных составов тканей гельминтов и тканей рыб, включая отсутствие в них оксипролина, представляет собой не простую случайность, а особенность химического строения, связанную с приспособлением паразитов к тканям хозяина.

Некоторое различие наблюдается в количественном содержании отдельных аминокислот, но преобладающими аминокислотами в белках всех гельминтов являются дикарбоновые кислоты. Их белки богаты аргинином, лизином, глицином, серином, аланином, валином, что весьма характерно для белков беспозвоночных животных.

Идентичность качественного состава и количественного содержания аминокислот в белках гельминтов рыб и их хозяев является, видимо, результатом взаимной адаптации гельминтов и рыб друг к другу.

Важным моментом, показывающим лабильность белкового обмена, способность адаптироваться к условиям жизни, является зависимость аминокислотного состава белков гельминтов от места обитания хозяина. Изменения в аминокислотном составе белков гельминтов происходят в соответствии с изменениями состава пищи рыбы в разных местах обитания.

ВЫВОДЫ

УГЛЕВОДЫ.

1. Представлены данные по качественному составу и количественному содержанию растворимых низкомолекулярных углеводов у шести видов гельминтов рыб: цестод *Triaenophorus nodulosus*, *Eubothrium crassum*, *Proteocephalus exiguus*, акантоцефал *Echinorhynchus salmonis*, трематод *Azygia luci*, нематод *Raphidascaris acus*. Основным простым углеводом у всех гельминтов рыб является глюкоза. Лишь у *E. crassum* обнаружена еще трегалоза.

2. Содержание глюкозы в тканях гельминтов рыб изменяется в зависимости от места обитания хозяина и стадии зрелости червя.

3. Количество гликогена определено у пяти видов гельминтов: цестод *T. nodulosus*, *E. crassum*, плероцеркоидов *Schistocephalus solidus*, акантоцефал *E. salmonis*, нематод *R. acus*. Для личиночных форм цестод характерна более высокая концентрация гликогена, чем для половозрелых.

4. Сравнение полученных данных по углеводному составу гельминтов рыб с имеющимися в литературе показывает, что для гельминтов рыб характерно более высокое содержание глюкозы и более низкое содержание гликогена, чем для гельминтов теплокровных позвоночных.

ЛИПИДЫ.

1. Количество общих липидов, фосфолипидов, холестерина, триглицеридов определено у восьми видов гельминтов рыб: цестод *T. nodulosus*, *E. crassum*, *P. exiguus*, плероцеркоидов *Sch. solidus*, *L. intestinalis*, трематод *A. lucii*, нематод *R. acus*, акантоцефал *E. salmonis*.

2. Общие липиды в тканях червей составляют от 9,8% до 31,6% сухого веса. Наибольшее содержание липидов отмечается для кишечных цестод. Основная доля во фракции липидов падает на фосфатиды и триглицериды.

3. Содержание липидов у паразитических червей лабильно и зависит от вида гельминта, стадии его развития (у личинок и взрослых неполовозрелых цестод липидов меньше, чем у половозрелых), а также от вида хозяина и места его обитания. Больше липидов у червей из специфичных для них хозяев: у *T. nodulosus* из щуки, у *E. crassum* из лосося, *P. exiguus* из ряпушки.

АМИНОКИСЛОТЫ.

1. Во фракции свободных аминокислот цестод *E. crassum*, *T. nodulosus* и плероцеркоидов *L. intestinalis* идентифицировано 18 аминокислот: цистеин+цистин, аргинин, лизин, гистидин, аспарагиновая кислота, глицин, серин, глутаминовая кислота, треонин, аланин, пролин, тирозин, валин, метионин, фенилаланин, лейцин, изолейцин. В наибольшем количестве в этой фракции содержатся глицин, серин, глутаминовая кислота, пролин, валин.

2. Качественный и количественный состав аминокислот, входящих в состав суммарных белков, определен у восьми видов гельминтов рыб (тех же, у которых определялись липиды), а также в тканях хозяев, взятых из места локализации паразита. Идентифицированы те же 17 аминокислот, что и во фракции свободных аминокислот.

3. Качественный состав аминокислот у всех изученных организмов одинаков. Различия между отдельными видами наблюдаются в количественном содержании той или иной аминокислоты.

4. Аминокислотный состав тканей гельминтов зависит от места обитания хозяина.

5. Данные по содержанию аминокислот в тканях паразита и в тканях хозяина очень близки по значению. Идентичность аминокислотных составов гельминта и рыбы, в которой первый паразитирует, прослеживается для всех четырех классов червей. Это сходство является одним из механизмов взаимной адаптации, выработанным в процессе длительной эволюции.

Итак, основными чертами химического строения тела, показывающими приспособленность гельминтов к условиям существования являются: накопление эндопаразитическими червями больших запасов энергетического материала, копирование химического состава тела хозяина.

Адаптация к биохимии и физиологии хозяина привела к тому, что при сравнении паразита и хозяина обнаруживается больше сходства, чем различия. С другой стороны, отмечается сходство, вызванное приспособлением к одинаковым условиям между паразитами, относящимися к разным классам червей. Это сходство большее, чем ожидаемые различия, связанные с различным систематическим положением червей.

Содержание диссертации изложено на 143 страницах машинописного текста (без списка литературы) и включает 35 рисунков, 17 таблиц. Список цитированной литературы содержит 273 названия, из них 119 на русском и 154 на иностранном языке.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Углеводный состав паразитических червей рыб. В сб.: Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск, 1972, стр. 138—143 (в соавторстве).
2. Аминокислотный состав некоторых паразитических гельминтов рыб. В сб.: Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск, 1972, стр. 144—151 (в соавторстве).
3. О содержании липидов у некоторых гельминтов пресноводных рыб. Паразитология. 1973, № 1 (в соавторстве).
4. Зависимость химического состава тела *Proteocephalus exiguus* La Rue (1911) от места обитания хозяина. Конф. биологов Карелии. Тезисы докл. Петрозаводск, 1972, стр. 62—63 (в соавторстве).
5. К вопросу о биохимии цестоды *Triaenophorus nodulosus* Pallas (1781). Конф. биологов Карелии. Тезисы докл. Петрозаводск, 1972, стр. 63—65 (в соавторстве).
6. Количественные данные о содержании аминокислот в тканях паразитических червей рыб. Конф. молодых ученых Карелии. Тезисы докл. Петрозаводск (в печати).