

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Фундаментальной биологии и биотехнологии

институт

Водных и наземных экосистем

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В. И. Колмаков

подпись

инициалы, фамилия

« ___ » _____ 20 ___ г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

020400.62 – Биология

код – наименование направления

Фауна ручейников водотоков бассейна среднего течения реки Енисей

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, к.б.н.

должность, ученая степень

С. П. Шулепина

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

М. В. Еремина

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Обзор литературы.....	4
1.1 Общая характеристика отряда <i>Trichoptera</i>	4
1.2 Питание.....	5
1.3 Личиночные стадии.....	7
1.4 Строительная деятельность	8
1.5 Куколка	10
1.6 Места обитания.....	12
1.7 Биоиндикация.....	14
1.8 Филогения	16
1.9 Систематика	17
Глава 2. Материалы и методы исследования	19
2.1 Характеристика района исследования	19
2.2 Материалы и методы исследования	21
Глава 3. Результаты и обсуждения.....	26
3.1 Видовой состав отряда <i>Trichoptera</i> водотоков бассейна среднего течения р. Енисей.	26
3.2 Пространственное распределение зообентоса и отряда <i>Trichoptera</i> в р. Базаиха.	26
3.3 Сезонная динамика отряда <i>Trichoptera</i> и личинок <i>Ceratopsyche nevae</i> в исследуемых районах реки Базаиха.	26
3.3.1 Сезонная динамика отряда <i>Trichoptera</i> в исследуемых районах реки Базаиха.	26
3.3.2 Сезонная динамика личинок <i>Ceratopsyche nevae</i> в исследуемых районах реки Базаиха.....	26
3.4 Качество воды реки Базаиха.....	26
Выводы	27
Список использованных источников	28

Введение

В водных экосистемах значение ручейников (*Trichoptera*) весьма велико. Их личинки, куколки и имаго заселяют стоячие и проточные водоёмы, часто достигают высокой численности, служат кормом для рыб [1, 2, 3]. К тому же они являются показателями высокой продуктивности водоёмов. Ручейники формируют основу бентосного населения водотоков, поэтому изучение пространственного распределения их сообществ даёт ключ к познанию процессов биопродуцирования в водных экосистемах, разработке подходов к биоиндикации природных вод и прогнозированию состояния речных экосистем при различных нарушениях условий среды [4].

Цель работы: Изучить фауну ручейников некоторых водотоков среднего течения р. Енисей.

Задачи:

- Определить видовой состав ручейников,
- Изучить сезонную динамику численности и биомассы отряда *Trichoptera* в реке Базаиха,
- Изучить сезонную динамику численности и биомассы личинок ручейника *Ceratopsyche nevae* Kolenati в реке Базаиха,
- Оценить качество воды в р. Базаиха

Предметом исследования были личинки ручейников р. Базаиха, р. Есауловка, р. Енисей, р. Бугач, р. Мана.

Глава 1. Обзор литературы

1.1 Общая характеристика отряда *Trichoptera*

Личинки ручейников в строении тела обнаруживают ясно выраженную примитивность. Тело личинки червеобразно вытянутое, расчленено на голову, грудь и брюшко (рис. 1). Голова с ротовым отверстием, направленным вперед или более или менее опущенным вниз. Ротовые органы грызущего типа, хорошо развитые. 1-й сегмент груди обычно склеротизованный в большей мере, чем два последующих. Ноги ходильного типа, в редких случаях задние ноги плавательные. Брюшко из девяти сегментов; 9-й сегмент несет анальные ножки. Кожа брюшка, за исключением небольших щитков и склеритовых точек, мягкая, мембранозная.

Длина личинок колеблется от 2-3 до 50-60 мм; минимальные размеры наблюдаются в семействе *Hydroptilidae*; максимальные размеры наблюдаются в семействах *Rhyacophilidae*, *Stenopsychidae*, *Limnophylidae*.

Склериты обычно несут рисунок, состоящий из полосок, пятен и точек. Рисунок вида нередко варьирует, но в основных чертах представляет обычно надежный диагностический признак.

Твердые и мягкие участки кожи несут щетинки, нередко сильно метоморфизированные, и кожные придатки другого рода. Число первичных щетинок, приуроченных к определенным участкам тела, постоянно во всем отряде; вторичные щетинки в разных систематических группах присутствуют в большем или меньшем числе. Хетотаксия составляет важный диагностический признак.

Ручейники делятся на два подотряда:

1. Кольчатощупиковые (лат. *Annulipalpia*)—им свойственны камподеовидные личинки с прогнатической головой, глубокими перетяжками между сегментами брюшка и груди, удлинненными анальными ножками с обращенным назад и вниз коготком.

2. Цельнощупиковые (лет. *Integripalpia*)—им свойственны гусенеци-видные личинки с гипогнатической головой, тесно слитыми сегментами брюшка, короткими анальными ножками с направленными вбок коготками [3].

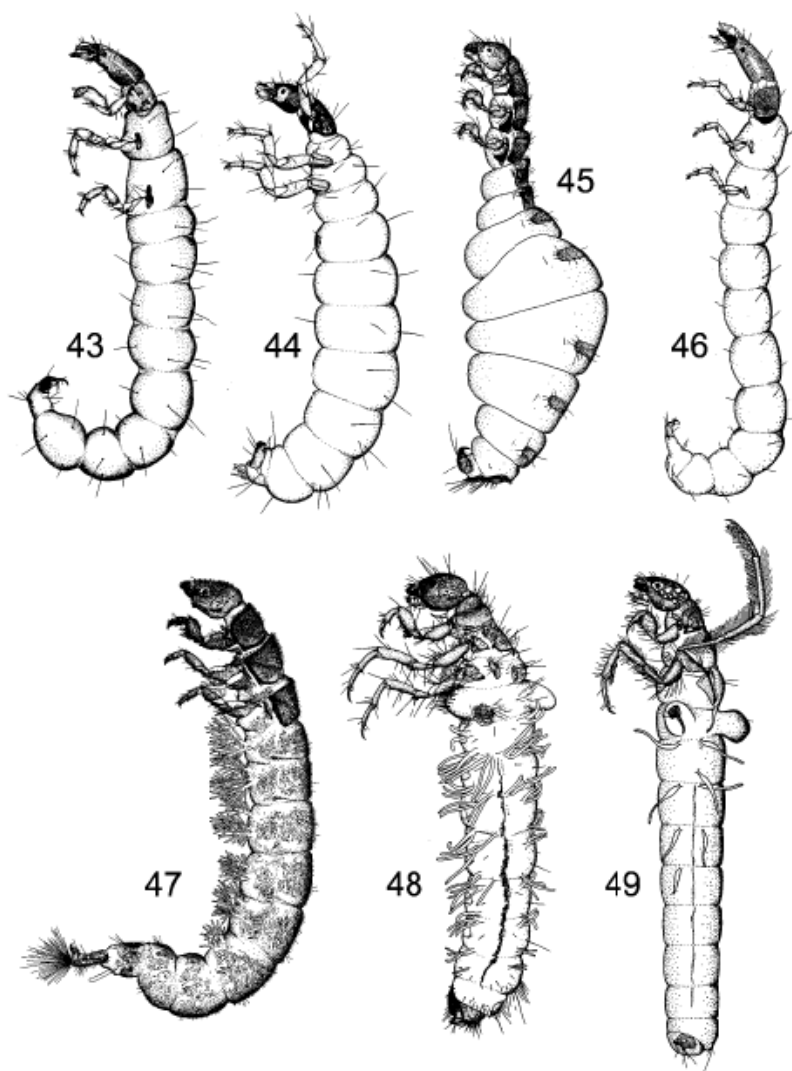


Рисунок 1 – Личинки ручейников. 43–*Atopsyche sp.* (Hydrobiosidae); 44–*Protoptila sp.* (Glossosomatidae); 45–*Byrsopteryx mirifica* (Hydroptilidae); 46–*Chimarra sp.* (Philopotamidae); 47–*Calosopsyche sp.* (Hydropsychidae); 48–*Limnephilus sp.* (Limnephilidae); 49–*Nectopsyche gemmoides* (Leptoceridae) [5].

1.2 Питание

Имаго ручейников не питаются вообще или пьют воду и нектар [6].

В личиночной фазе ручейники, представляя группу донных организмов, высоко экологически дифференцированную, используют для своего питания весьма широкую трофическую базу в виде разнообразных источников органического вещества, находящегося на дне водоемов в местах жизни личинок. Рас-

тительный детрит на разных этапах измельчения и разложения, низшие и высшие водные растения, а для некоторых видов и животные организмы составляют пищу различных экологических групп личинок ручейников. Наряду с узкой пищевой специализацией в отряде наблюдаются случаи смешанного питания, когда личинка питается разнообразно или переходит от предпочитаемой пищи к пище менее пригодной, как к вынужденной теми или иными условиями.

В отряде широко представлена группа детритофагов, питающихся разлагающимся органическим веществом с его богатой бактериальной и грибковой флорой; особенно охотно многочисленные виды едят мякоть опавших древесных листьев в той фазе их разложения, когда они уже почернели. Растительноядные виды употребляют в пищу водоросли и цветковые растения фитобентоса, изобилующие в обрастаниях камней и в зарослях водоемов. Хищники охотятся за мелкими донными животными, строя ловчие сети, в которые попадают и планктонные организмы. Виды, живущие за счет смешанного питания, наряду с детритом и живыми растительными тканями поглощают и мелкие животные организмы [3].

Личинки, принадлежащие к семействам *Phryganeidae* и *Limnephilidae*, являются растительноядными формами: Они могут съесть за сутки количество пищи, равное весу собственного тела или даже несколько более (у молодых личинок). Личинки из семейства *Molannidae* являются хищниками, которые питаются дафниями, личинками хирономид и т. п. Наблюдались, впрочем, случаи, что и личинки большого ручейника нападали на водяных осликов, головастиков лягушки и даже друг на друга.

Личинки семейств *Polycentropodidae*, *Hydropsychidae*, *Arctopsychidae* по большей части ведут хищнический образ жизни и строят для ловли добычи особые ловчие сети, которые сплетены из тонких нитей с помощью прядильных желез. Такие сети, имеющие вид воронок, располагаются широким отверстием против течения и прикрепляются неподвижно к водным растениям, камням и другим подводным предметам. Это помогает им ловить личинки поденок, мелких ракообразных и тому подобную живую добычу [7].

1.3 Личиночные стадии

У ручейников в течение их относительно долгой личиночной фазы, составляющей большую часть индивидуального существования насекомого, совершаются 4 линьки, подразделяющие личиночную жизнь на 5 стадий. Названное число стадий может считаться характерным для отряда; у некоторых видов, например *Agapetus fuscipes* 6 линек и 7 личиночных стадий, а у личинки *Sericostoma* 5 линек и 6 личиночных стадий. Предпоследняя линька ручейника (линька на куколку) происходит в кукольном домике, а последняя (линька на имаго) — по выходе насекомого из воды, на суше.

В течение всей 1-й стадии тело личинки остается более или менее прозрачным; голова, членики груди и ноги в это время отличаются относительно большими размерами, в то время как брюшко узко и коротко. Начиная со 2-й стадии общая форма тела личинки и соотношение отдельных его частей изменяется мало; число вторичных щетинок в тех группах, где они присутствуют, с каждой стадией увеличиваются.

Сроки постэмбрионального развития вида в его личиночной фазе колеблются в зависимости от климатических условий и условий питания; при этом ранние стадии, пока личинки малы, протекают быстрее. Некоторые виды дают два поколения в год. Например, ручейник *Polycentropus flavomaculatus*, широко распространенный западнопалеарктический вид, дает два поколения – в июне и августе. Или например, *Brachycentrus subnubilis*, транспалеарктический речной вид, тоже дает два поколения – в мае и августе [8]. Эндемичные ручейники Байкала, *Protobaicalina spinosa*, *Baicalina bellicosa*, *Baicalinella foliata*, *Baicalodes ovalis*, *Thamastes dipterus*, тоже дают по две генерации в год – в мае и августе [9]. Из отложенных весенним поколением имаго яиц выходит летняя генерация личинок, которое заканчивает свое развитие в более короткий срок, чем сменяющая ее осенняя генерация. Развитие осенней генерации прерывается зимовкой и затягивается. Наибольшей краткостью отличается фаза личинки

мелких видов семейства *Hydroptilidae*. Например, *Agraylea multipunctata* достигает пятой личиночной стадии уже через 25 дней после откладки яиц [3].

1.4 Строительная деятельность

Личинки ручейников, обладающие хорошо развитыми прядильными железами, сооружают постройки различного рода, по характеру своему тесно связанные с местом и образом жизни личинок, их способом питания и приуроченностью к тем или иным биотопам. В процессе филогенеза развитие строительной деятельности ручейников в их личиночной фазе шло по разным эволюционным путям, представляя один из весьма существенных факторов формирования крупных систематических категорий отряда и их биологических особенностей [3].

Почти все личинки *Trichoptera* строят чехлик или домик (рис. 2). Простейшая форма чехликов – тростниковая трубочка. Более сложная постройка – трубчатый футляр из отдельных кусочков листьев, которые личинка выгрызает и располагает по спиральной линии. В зависимости от вида ручейников строительный материал может варьироваться. Иногда материал постройки располагается черепицеобразно, причем им служат либо кусочки тростника, либо отрезки листьев и обломки коры.

Для постройки своих чехликов ручейники используют мох, травинки, кусочки отмершего дерева, свежие древесные веточки, хвою, стебли хвоща, смешанные с другими растительными остатками; они прикрепляют к своему жилищу и мелкие раковинки, и шелуху подсолнечника. Иногда постройки могут быть не из растительных остатков, а из мелких раковинок, например, горошинок, мелких катушек, молодых лужанок и других моллюсков. В случае опасности личинки забираются в свой домик и затыкают вход в него своей головой, покрытой бронёй из хитина.

Реже встречаются личинки, которые не имеют чехликов. Такие личинки в основном являются хищниками, строящими особые ловчие сети из тонких пау-

тинных нитей. Такие сети, имеющие вид воронок, располагаются широким отверстием против течения и прикрепляются неподвижно к водным растениям, камням и другим подводным предметам [10].

В лесных озерах и запруженных ручьях чаще всего можно найти домики фриганей (*Phryganea*), похожие на аккуратно свернутые из спирально уложенных растительных частиц сигары. Там же попадаются менее аккуратные домики граммотаулисов (*Grammotaulis*) и совсем неряшливые, собранные из мусора домики лимнефилов (*Limnephilus*).

Ручейникам, живущим на стремнине, легкий домик не подходит - его смоеет. Они строят основательный, тяжелый домик из песчинок, как у некоторых видов рода лимнефилус (*Limnephilus*). Ручейники атрипсоды (*Athripsodes*) идут еще дальше, утяжеляя свои домики крупными песчинками или мелкими камешками. Оригинальной четырехгранной формой резко отличаются домики брахицентрусов (*Brachycentrus*), построенные из мелких, поперечно уложенных частиц детрита, склеенного специальным секретом [11].

На Рисунке 2 представлены примеры домиков личинок ручейников.

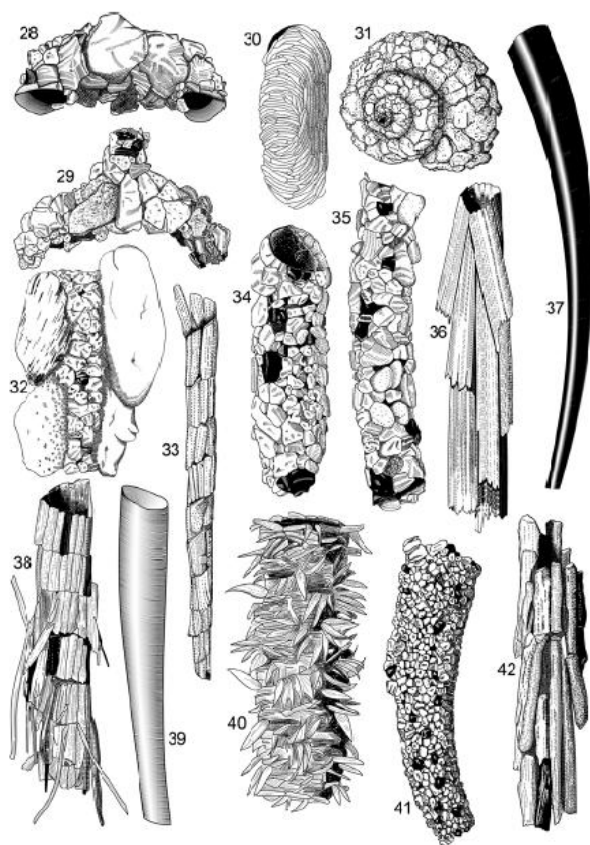


Рисунок 2 – Домики личинок ручейников. 28–*Culoptila moselyi* (Glossosomatidae); 29–*Culoptila unispina* (Glossosomatidae); 30–*Dibusa angata* (Hydroptilidae); 31–*Helicopsyche borealis* (Helicopsychidae); 32–*Goera fuscula* (Goeridae); 33–*Triaenodes tardus* (Leptoceridae); 34–*Discosmoecus* sp. (Limnephilidae); 35–*Setodes incertus* (Leptoceridae); 36–*Sphagnophylax meiops* (Limnephilidae); 37–*Grumicha grumicha* (Sericostomatidae); 38–*Banksiola dossauria* (Phryganeidae); 39–*Leptocerus americanus* (Leptoceridae); 40–*Phanocelia canadensis* (Limnephilidae); 41–*Lepania cascada* (Goeridae); 42–*Anabolia bimaculata* (Limnephilidae) [5].

1.5 Куколка

Куколка ручейника относится к категории свободных или открытых куколок, у которых придатки головы и груди лежат свободно, будучи причленены к телу лишь своими основаниями. Куколка обладает значительной активностью, совершая разнообразные движения как внутри домика, так и по выходе из него [3].

Куколка обладает зачатками крыльев, длинными усиками, большими глазами и огромными жвалами, при помощи которых она разрушает крышечку

чехлика (рис. 3). На брюшке заметны тонкие нитевидные жабры. Куколка может быть снабжена длинными плавательными ногами [10].

Перед окукливанием личинка находит более спокойный участок водоема и прикрепляет чехлик к камню, оставляя открытыми концы для свободного доступа воды. Внутри чехлика куколка все время колебательно двигается, упираясь при этом в стенку чехлика выростом на основании брюшка. С помощью сильных щетинок на верхней губе и очистительных отростков на заднем конце тела куколка прочищает отверстия. Ко времени созревания куколка прорывает своими мощными зубчатыми челюстями (непохожими на личиночные, и отсутствующие у имаго) передний конец чехлика. Покинув чехлик, куколка начинает быстро плавать на спине, делая гребные движения длинными, снабженными плавательными волосками средними ногами. Добравшись до твердого субстрата (камня, берега или растения), куколка цепляется за него и выползает из воды.

Оказавшись в воздушной среде у куколки открываются дыхальца, тело раздувается и происходит последняя линька, которая ведет к тому, что через продольную щель на дорсальной стороне груди и головы выходит взрослый крылатый ручейник. Те ручейники, личинки которых живут не в чехликах, перед окукливанием сооружают себе чехлики. Образ жизни куколок довольно однотипен [12].

На Рисунке 3 представлен пример куколки ручейника.

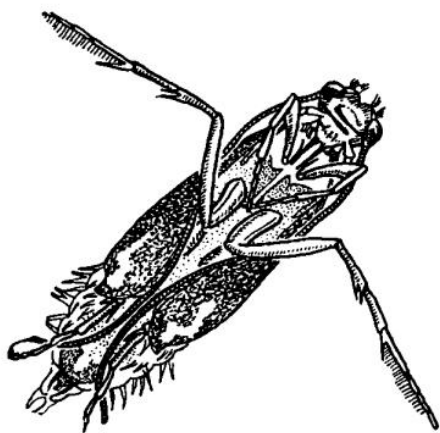


Рисунок 3 – Плывущая куколка *Rhyacophila* [12].

1.6 Места обитания

Личинки ручейников, за исключением единичных родов (*Enoicyla*), живут в воде. Личинки некоторых видов обитают в сочащихся родниках или у края водоемов с текучей или ключевой водой, среди влажных мхов или влажного древесного детрита. Личинки населяют самые разнообразные водоемы: текущие и стоячие, с пресной или слабо солоноватой водой, преобладая в местностях с достаточно влажным климатом и с богатой гидрографической сетью [3].

Личинки стенофила (*Stenophylax stellatus*), строящие трубчатые домики из прикрепленных друг к другу крупных песчинок или даже мелких камушек, обитают в быстрых реках с прохладной водой и каменистым дном.

Домики по форме напоминающие рог, сооруженный из мелких песчинок строят личинки апатании (*Apatania*), обитающие в озерах и реках.

В местах с песчаным дном можно встретить построенные из песчинок домики личинки моланны (*Molanna angustata*).

В густых зарослях растений обитают личинки фриганей (*Phryganea*), домики которых трубчатые из нагрызенных четырехугольных кусочков растений.

Личинки лимнофилов (*Limnophilus*) предпочитают водоемы с заросшим дном.

Хотя личинки ручейников и очень хорошо приспособлены к жизни в воде, среди них есть и те, кто перешел к жизни на суше. Например, ручейник (*Enoicyla pusilla*), живущий в буковых лесах Западной Европы. Самки этого ручейника бескрылые. Его личинки живут в подстилке и среди мха, покрывающего стволы деревьев. Эта личинка избегает переувлажнения и, когда после сильных дождей слой опавших листьев сильно намокает, переселяется на стволы деревьев. Домик личинка делает из мелких кусочков опавших листьев.

В больших равнинных реках, такие как Волга, Дон, Днестр, на песчаных, илистых и галечных грунтах обитает множество ручейников гидропсихид (семейство *Hydropsychidae*). Личинки гидропсихид делают сеть с прямоугольными ячейками, а сами живут рядом в легком чехлике из тонких нитей [12]. В

равнинных реках Западной Сибири на галечных грунтах типичны виды *Ceratopsyche kozhantshikovi*, *Potamia czekanovskii*, *Halesustesse latus* [13].

В зарослях макрофитов реки Чапаевка бассейна Нижней Волги обитают личинки *Ecnomus tenellus* и *Agrypnia pagetana*, составляя 35 % и 17% от бентоса реки соответственно [14].

В малых равнинных реках, например в реке Латка на илистом грунте встречаются такие виды ручейников: *Cyrtus flavidus*, *Ecnomus tenellus*, *Micropterna sequax*, *Lipe phaeopa*, *Grammotaulius nigropunctatus*, *Molanna angustata*, *Oecetis lacustris*, *Olygostomis reticulate*, *Phryganea bipunctata*, *Potamophylax latipennis* [15].

Личинки *Apatania zonella* входит в бентосный состав реокренов, холодноводных и умеренно холодноводных малых горных и предгорных водотоков, составляя 17% в общей биомассе бентоса.

Личинки *Anagapetus schmidi* и *Brachycentrus americanus* являются типичными и часто встречающимися видами в бентосном сообществе крупных горных и предгорных рек, где могут достигать 13% и 28% от биомассы рек соответственно [16].

Ручейники – один из самых заметных среди насекомых отрядов, как по числу родниковых видов, так и по роли этих видов в структуре родниковых сообществ. Кренобионтами (виды живущие исключительно в родниках) являются *Apatania zonella* и *Potamophylax nigricornis*. К кренофильным (виды, для которых характерно преимущественное обитание в родниках, однако они могут заселять и другие типы местообитаний, где встречаются реже) ручейникам относится *Stenophylax lateralis* [17].

В горных реках, например Северного Алтая, можно встретить *Halesustesse latus*, *Ecclisomyia digitata*, *Chaetopteryx villosa*, *Dicosmoecus palatus*, *Ceratopsyche nevae* [4].

В уникальном озере Байкал обитают эндемичные виды ручейников: *Baicalina thamastoides* Mart., *Baicalina bellicosa* Mart., *Protobaicalina spinosa* Mart., *Thamastes dipterous* Hag. инеэндемичные: *Hydatophylax nigrovittatus* Mel.,

Oligoplectrodes potanini Mart., *Glossosoma altaicum* Mart., *Nemotaulius punctatolineatus* Retz., *Dasystegia obsolete* Hagen [18].

В фауне ручейников Чукотского полуострова встречаются: типичные обитатели стоячих и слабо проточных водоемов или крупных равнинных рек (*Oecetis ochracea*, *Agrypnia pagetana*); виды, принадлежащие к реобионтам (*Synafophora intermedium*); реликтовые и эндемичные для Восточной Палеарктики виды (*Architremma ulachensis*); виды горного происхождения (*Apatania stigmatella*); вид, приспособленный к обитанию в условиях Крайнего Севера (*Grensia praeterita*); вид, населяющий заросшие высшей водной растительностью и богатые детритом термокарстовые озера (*Micrasema gelidum*).

В реке Кедровая с притоками (область Восточно-Маньчжурских гор) основу биомассы бентоса на галечном грунте образуют *Rhyacophila depressa*, *Rhyacophila narvae*, *Rhyacophila impar*, *Rhyacophila retracta*, *Arctopsyche palpata*, *Stenopsyche marmorata*, *Glossosoma ussuricum*, *Glossosoma intermedium*, *Glossosoma angaricum*, *Neophylax ussuriensis*. Все они являются реофилами с довольно широким экологическим спектром. Ручейники могут составлять более 80 % от биомассы амфибиотических насекомых в бентосе данной реки, что обусловлено главным образом более высокой индивидуальной массой их личинок [19].

В верхней части Новосибирского водохранилища на песчаном грунте в число доминантов как по численности, так и по биомассе входили ручейники семейства *Hydropsychidae* (*Aethaloptera evanescens*, *Hydropsyche angustipennis*, *Potamyia* sp.) [20].

1.7 Биоиндикация.

Биоиндикация – это определение биологически значимых нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. В полной мере это относится и ко всем видам антропогенных загрязнений. Это активно развивающаяся в современной экологии область научных исследований [14].

По мнению большинства специалистов, в преобладающем числе водоемов наиболее четко отражают степень загрязнения различного типа организмы зообентоса и их сообщества [21].

Благодаря особенностям экологии донные беспозвоночные и их сообщества могут служить хорошими показателями происходящих изменений внешней среды, в том числе и антропогенного характера. Большинство представителей донных макробеспозвоночных имеют относительно продолжительный жизненный цикл – несколько месяцев и лет, поэтому их сообщества аккумулируют влияние изменяющихся в течение достаточного длительного времени условий существования. Основные структурные характеристики сообществ донных макробеспозвоночных служат хорошим, а в ряде случаев единственным гидробиологическим показателем загрязнения грунта и придонного слоя воды [15, 22].

Вместе с тем установлено, что личинки большинства водных насекомых (ручейников, поденок, хирономид) являются хорошими показателями качества вод благодаря особенностям их морфологии – у ручейников и поденок в первую очередь строением жаберного аппарата (ветвистым или пластинчатым). Так, свободноживущие камподеовидные личинки ручейников без домиков являются наиболее чувствительными к загрязнению и могут быть использованы как отличные индикаторы [21].

Ручейники используются в биологической оценке и контроле качества воды [5]. Например, представители рода *Stenophylax* используют в качестве биоиндикатора нефтяного загрязнения водотоков Северного Урала [23]. Как индикатора качества речных вод ручейников используют в Кабардино-Балкарии [24]. В Болгарии используют макрозообентос, включая ручейников, для биоиндикации вод [25].

В системе службы контроля качества вод обязательным является определение общей численности бентосных организмов, общего числа их видов, численности основных групп и числа видов в основных группах (моллюсков, хирономид, олигохет, веснянок, поденок и ручейников) [26].

Для оценки качества вод используют множество разнообразных индексов. Самым известным и часто используемым в России является биотический индекс Ф. Вудивисса. Для расчета этого индекса необходимо количество видов ручейников, так как по мере увеличения интенсивности загрязнения эта группа беспозвоночных выпадает из состава донной фауны, как одна из наиболее чувствительных групп животных [27].

Вторым самым распространенным индексом стоит считать индекс сапробности по Пантле и Букку. Среди ручейников много представителей сапробионтов-индикаторов, которые являются показателями степени загрязнения [26].

В Великобритании и Австралии для оценки состояния текучих вод используют Biological Monitoring Working Party Index (BMWP), основанный на наборе различных семейств макрзообентоса в том числе и семейства ручейников.

Для рек штата Висконсин (США) был разработан специальный индекс – Family Biotic Index (FBI), который теперь является одним из стандартных индексов в Американском агентстве защиты окружающей среды. Индекс содержит большое количество различных таксонов водных беспозвоночных (в том числе и 18 семейств отряда *Trichoptera*) и имеет шесть балльных градаций. Это только несколько примеров индексов, используемых в заграничном мониторинге окружающей среды, для расчета которых необходимо количество видов отряда *Trichoptera* [28].

1.8 Филогения

Ручейники известны с ранней перми. В ископаемом состоянии остатки ручейников встречаются довольно часто, представлены остатками имаго, домиками личинок и куколок. Самыми древними представителями этого отряда являются ручейники примитивного подотряда *Protomeropina* [2, 29].

Trichoptera является близким таксоном к отрядам *Mecoptera* и *Lepidoptera* [2, 30].

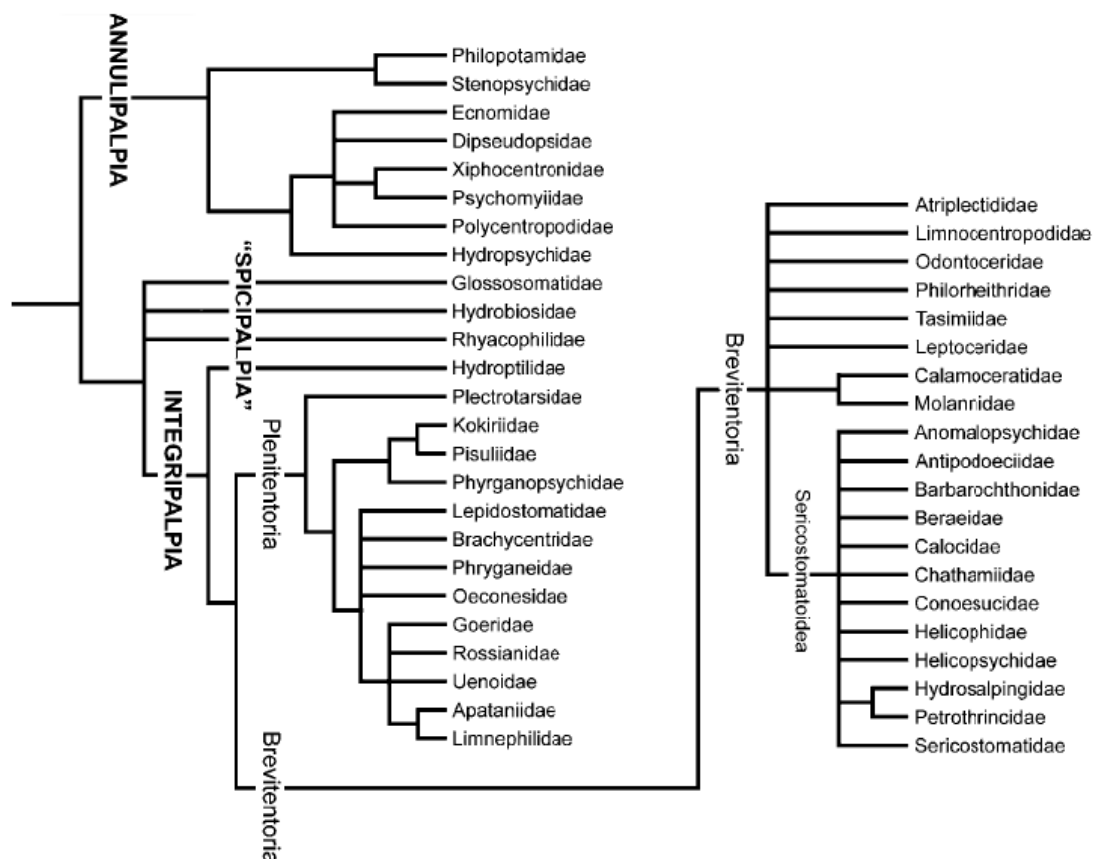


Рисунок 4 – Филогения отряда *Trichoptera* [5].

В самом последнем молекулярном анализе, по сравнению с более ранними, родство среди некоторых семей в пределах *Annulipalpia* и *Limnephiloidea* окончательно подтвердилось (рис. 4).

С другой стороны, родство среди семей *Spicipalpia*, *Leptoceroidea* и *Sericostomatoidea* все еще не установлено. Особенно интересный вопрос родства среди семей *Spicipalpia*, который остается главной нерешенной проблемой в систематике *Trichoptera*.

Изучение филогении является обязательным. Так как можно узнать эволюции биологических признаков у отряда [5].

1.9 Систематика

В настоящее время учёными описано 15 233 вида, включая 685 ископаемых видов, объединенных в 45 семейств и около 600 родов, широко распро-

страненных на всех континентах, кроме Антарктиды, и на многих океанических островах [10].

- 1 Подотряд Annulipalpia:
 - 1.1 Надсемейство Hydropsychoidea:
 - 1.1.1 Dipseudopsidae
 - 1.1.2 Ecnomidae
 - 1.1.3 Hydropsychidae
 - 1.1.4 Polycentropodidae
 - 1.1.5 Psychomyiidae
 - 1.1.6 Xiphocentronidae
 - 1.2 Надсемейство Philopotamoidea:
 - 1.2.1 Philopotamidae
 - 1.2.2 Stenopsychidae
 - 1.3 Надсемейство Hydroptiloidea:
 - 1.3.1 Glossosomatidae
 - 1.3.2 Hydroptilidae
 - 1.3.3 Ptilocolepidae
 - 1.4 Надсемейство Rhyacophiloidea:
 - 1.4.1 Hydrobiosidae
 - 1.4.2 Rhyacophilidae
- 2 Подотряд Integripalpia:
 - 2.1 Надсемейство Leptoceroidea:
 - 2.1.1 Atriplectididae
 - 2.1.2 Calamoceratidae
 - 2.1.3 Leptoceridae
 - 2.1.4 Limnocentropodidae
 - 2.1.5 Molannidae
 - 2.1.6 Odontoceridae
 - 2.1.7 Philorheithridae
 - 2.2 Надсемейство Limnephiloidea:
 - 2.2.1 Apataniidae
 - 2.2.2 Goeridae
 - 2.2.3 Limnephilidae
 - 2.2.4 Rossianidae
 - 2.2.5 Uenoidae
 - 2.3 Надсемейство Phryganeoidea:
 - 2.3.1 Brachycentridae
 - 2.3.2 Phryganeidae
 - 2.3.3 Phryganopsychidae
 - 2.3.4 Plectrotarsidae
 - 2.3.5 Kokiriidae
 - 2.3.6 Oeconesidae
 - 2.3.7 Lepidostomatidae
 - 2.3.8 Pisuliidae
 - 2.4 Надсемейство Sericostomatoidea:
 - 2.4.1 Anomalopsychidae
 - 2.4.2 Antipodoeciidae
 - 2.4.3 Barbarochthonidae
 - 2.4.4 Beraeidae
 - 2.4.5 Calocidae
 - 2.4.6 Chathamiidae
 - 2.4.7 Conoesucidae
 - 2.4.8 Helicophidae
 - 2.4.9 Helicopsychidae
 - 2.4.10 Hydrosalpingidae
 - 2.4.11 Petrothrincidae
 - 2.4.12 Sericostomatidae
 - 2.5 Надсемейство Tasimioidea:
 - 2.5.1 Tasimiidae [31]

Глава 2. Материалы и методы исследования

2.1 Характеристика района исследования

Красноярский край расположен в Восточной и Западной Сибири, в бассейне реки Енисей. Его территория – 2 339,7 тыс. км². Протяженность с севера на юг – около 3 000 км. Край граничит с республикой Саха (Якутия) и с Иркутской областью на востоке, с республиками Тува и Хакасия на юге, с Кемеровской и Томской областями на западе.

Климат разнообразен, так как территория края пролегает через три климатических пояса: арктический, субарктический и умеренный. Например, для центральной части региона, которая преимущественно равнинная, характерно короткое жаркое лето, продолжительная холодная зима, быстрая смена температур. А на юге края – тёплое лето и умеренно суровая снежная зима.

Средняя температура: в январе -36 C^0 на севере и -18 C^0 на юге, в июле $+10\text{ C}^0$ на севере и $+20\text{ C}^0$ на юге. Основная часть осадков выпадает летом, в среднем в год выпадает 316 мм. Снежный покров устанавливается в начале ноября и сходит к концу марта. В горах Восточного и Западного Саян снег может сохраняться круглый год [32].

1) Река Базаиха – правый приток Енисея, протекает вблизи города Красноярска. Протекает по территории заповедника «Столбы».

Исток реки Базаиха находится в районе Куйсумских гор на северо-западе Восточного Саяна. Длина Базаихи 128 км. Водосборная площадь – 1000 км². Ширина может достигать 32 м. Базаиха течет через в складки горного отрога, высота которого достигает 500 метров. На реке есть небольшие острова, полуострова, затоны, старицы. К левым притокам реки Базаиха относятся Моховик, Калтат, Корбик [33].

2) Река Есауловка – река в Восточной Сибири. В Красноярском крае протекает по территории Манского и Берёзовского районов. Длина реки – 137 км. Площадь водосборного бассейна – 1500 км². Замерзание происходит в октябре и река остаётся под ледяным покровом до мая. Питание реки, как и большинства рек края, снеговое. Правый приток реки Енисей, впадает в него у села Есаулово [10].

3) Река Бугач – правый приток реки Кача. Впадает в нее в 5 км от ее устья. Бугач относится к енисейскому бассейновому округу. Длина водотока 24 км. Имеет на своем протяжении искусственное водохранилище – оз. Мясокомбината [34].

4) Река Енисей – природная граница между Западной и Восточной Сибирью. Впадает в Карское море Северного Ледовитого океана. Длина реки от места слияния Большого Енисея и Малого Енисея – 3487 км, от истоков Малого Енисея – 4287 км, от истоков Большого Енисея – 4092 (4123) км. Енисей является одной из крупнейших рек мира. Площадь бассейна – 2580 тыс. км², по ней Енисей занимает 2-е место среди рек России (после Оби) и 7-е место среди рек мира. Енисей начинается при слиянии Большого Енисея и Малого Енисея в городе Кызыле. Енисей относится к типу рек смешанного питания с преобладанием снегового [35].

5) Река Мана – река протекает по территории Красноярском края и является правым притоком реки Енисей. Длина реки составляет 475 км. Площадь бассейна – 9300 км². Исток Маны находится в Верхманском озере (стык Манского, Кутурчинского и Канскогобелогорья). Участок Маны 12 км от истока, длиной около 1 км, протекает под землей. Река протекает через Манское Белогорье в северных отрогах Восточного Саяна.

Правый берег Маны является естественной границей заповедника «Столбы», на расстоянии 4-20 км от устья [35].

Среднегодовая температура у всех рек около 6-7 С⁰. У всех исследуемых рек рН – щелочная, а содержание кислорода около 11 мг/л. Наибольшая скорость течения у р. Мана (Табл.1).

Таблица 1 – Показатели температуры, рН, содержания кислорода и скорости течения исследуемых рек, 2015г. (по данным Среднесибирского УГМС)

Река	Среднегодовая температура, С ⁰	рН	Кислород, мг/л	Скорость течения, м/с
Енисей	5,83±1,26	8,16±0,04	11,12±0,27	0,93±0,01
Мана	7,38±2,49	8,22±0,03	10,75±0,83	1,09±0,03
Базаиха	5,78±1,97	8,08±0,12	10,09±0,30	0,90±0,01
Есауловка	6,19±2,16	8,40±0,01	11,7±0,99	0,50±0,01

2.2 Материалы и методы исследования

Сбор проб личинок ручейников проводился в реках: в р. Базаиха – в 9 км выше устья, и в устье; в устье р. Есауловка; в районе выхода р. Бугач из оз. Мясокомбината (рис. 5); в р. Енисей – в районе 2 км ниже пос. Слизнево; в районе 15 км ниже г. Красноярска, в районе 35 км ниже г. Красноярска; в устье р. Мана (рис. 6). Пробы отбирались в период с мая по октябрь 2014-2015 года. Производился качественный сбор проб вручную. Для изучения пространственного и временного распределения плотности отряда *Trichoptera* и ручейника *Ceratopsyche nevae* Kolenati в р. Базаиха пробы отбирали скребком с площадью захвата 1/16м². Грунт на станциях исследования представлен галечно-песчаным.



Рисунок 5 – Место сбора на р. Бугач. (Рисунок взят с сайта <https://maps.google.ru/maps?q=Russia&output=classic&dg=ntvb>)

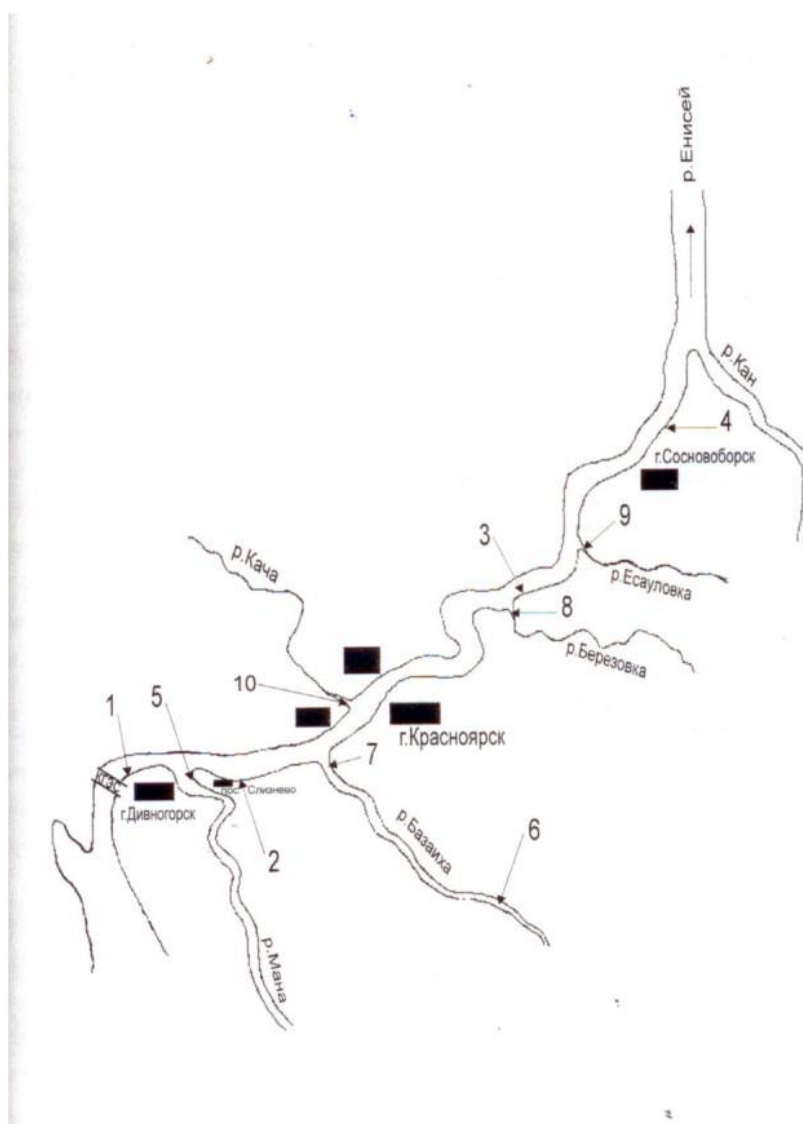


Рисунок 6 – Карта-схема расположения станций отбора проб на исследуемых водотоках. Условные обозначения: 1-10 – станции отбора проб.

Взятую пробу помещали во флакон, которые снабжались этикеткой с указанием станции водного объекта. Личинки ручейников помещались во флакон с 70% спиртом. На флакон помещали этикетку с указанием даты взятия пробы, водный объект, характер грунта [8,36].

Определение материала по ручейникам велось в камеральных условиях. При установлении водных фаз ручейников я руководствовалась определителем пресноводных беспозвоночных России под редакцией С. Я. Цалолихина [37]. Всего мною собрано 19 проб. Анализ пространственного распределения личинок ручейников выполнен по результатам обработки 20 проб зообентоса. Статистическая обработка данных была произведена с помощью программы Microsoft Excel.

Сходство видового состава оценено по коэффициенту Серенсена-Чекановского:

$$K = \frac{2c}{a + b}$$

где a – число видов в одном сообществе; b – число видов в другом сообществе; c – число видов, общих для двух сообществ.

Пределы этого коэффициента от 0 до 1, причем $K=1$ означает полное сходство сообществ, а $K=0$ означает, что они не имеют ни одного общего вида.

Оценку качества воды производили по биотическому индексу Вудивисса:

$$B_j = \frac{\sum B_j i}{n}$$

где $B_j i$ – частный биотический индекс индикаторных групп; n – число индикаторных групп по анализируемой градации.

Индекс рассчитывается в баллах от 0 до 10, причем значение 0-1 это экстремально грязная вода, 2 – грязная вода, 3-4 это загрязненная, 5-6 – слабо загрязненная, 7-10 это условно чистая вода [36,38].

Также производили оценку качества воды с помощью Biological Monitoring Working Party Index [28]. Индекс рассчитывается в баллах: ниже 25 – со-

стояние плохое, от 26 до 50 – невысокое, 51-100 – хорошее, 101 -150 – очень хорошее, более 150 – исключительное.

Для оценки качества воды по комплексу гидрохимических показателей (Табл.2,3) использовали индекс загрязнения вод (ИЗВ):

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где C_i – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического параметра); n – число показателей, используемых для расчета индекса, $n = 6$; ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта. В зависимости от значения ИЗВ выделяют: до 0,2 это очень чистые, 0,2-1,0 – чистые, 1,0-2,0 – умеренно загрязненные, 2,0-4,0 – загрязненные, 4,0-6,0 – грязные, 6,0-10,0 очень грязные, более 10,0 – чрезвычайно грязные [38]. Данные для расчета ИЗВ были взяты у Среднесибирского УГМС.

В 2015 г. в р. Базаиха в районе 9 км выше устья отмечено превышение ПДК БПК₅ в 1,4 раза и по содержанию нефтепродуктов в 9,4 раз. Содержание азота нитратного, фосфатов и СПАВ ПДК не превышало (Табл. 2).

Таблица 2 – Значения гидрохимических показателей р. Базаиха в районе 9 км выше устья, 2015 г.

р. Базаиха, 9 км выше устья							
Наличие ингредиентов	нормы ПДК	месяц					
		05	06	07	08	09	10
Кислород	4,0- 6,0 мг/л	11,06	9,02	11,21	9,17	9,47	11,52
БПК ₅	2,0 мг/л	1,5	1,4	2,7	1,5	1,2	1,2
Азот нитратный	40,0 мг/л	0,043	0,01	0,014	0,065	0,01	0,016
Фосфаты	0,2 мг/л	0,01	0,011	0,01	0,01	0,01	0,01
Нефтепродукты	0,05 мг/л	0,05	0,2	0,47	0,07	0	0
СПАВ	0,1 мг/л	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01

В 2015 г. в р. Базаиха в районе устья отмечено превышение ПДК по содержанию нефтепродуктов в 7 раз. Содержание азота нитратного, фосфатов, СПАВ и БПК₅ ПДК не превышало (Табл. 3).

Таблица 3 – Значения гидрохимических показателей в устье р. Базаиха, 2015 г.

р.Базаиха, устье							
Наличие ингредиентов	нормы ПДК	месяц					
		05	06	07	08	09	10
Кислород	4,0-6,0 мг/л	11,35	9,02	9,43	9,18	9,47	11,22
БПК ₅	2,0 мг/л	1,5	1,1	1,5	1,2	1,2	1,1
Азот нитратный	40,0 мг/л	0,067	0,010	0,016	0,010	0,015	0,019
Фосфаты	0,2 мг/л	0,010	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010
Нефтепродукты	0,05 мг/л	0,07	0,35	0,18	0,07	0	0
СПАВ	0,1 мг/л	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Глава 3. Результаты и обсуждения

- 3.1 Видовой состав отряда *Trichoptera* водотоков бассейна среднего течения р. Енисей.
- 3.2 Пространственное распределение зообентоса и отряда *Trichoptera* в р. Базаиха.
- 3.3 Сезонная динамика отряда *Trichoptera* и личинок *Ceratopsyche nevae* в исследуемых районах реки Базаиха.
 - 3.3.1 Сезонная динамика отряда *Trichoptera* в исследуемых районах реки Базаиха.
 - 3.3.2 Сезонная динамика личинок *Ceratopsyche nevae* в исследуемых районах реки Базаиха.
- 3.4 Качество воды реки Базаиха.

Выводы

1. В водотоках бассейна р. Енисей в 2014 г. обнаружено 18 видов ручейников из 14 семейств. К массовым видам можно отнести ручейников *Ceratopsyche nevae*, *Apatania crymophila*, *Lepidostoma hirtum*, *Glossosoma sp.*, *Dicosmoecus palatus*. В водотоках бассейна р. Енисей в 2015 г. обнаружено 29 видов ручейников из 16 семейств. К массовым видам можно отнести ручейников *Ceratopsyche nevae*, *Stenopsyche marmorata*, *Glossosoma sp.*, *Apatania crymophila*. По коэффициенту Серенсена-Чекановского было установлено сходство видового состава ручейников между р. Енисей и р. Бугач ($K=0,67$) в 2014 году и между р. Енисей и р. Базаиха ($K=0,56$) в 2015 году.

2. Плотность отряда *Trichoptera* в р. Базаиха в 2015 г. составила $6,4 \pm 1,3$ г/м² и 304 ± 59 экз/м². Отмечено снижение численности и биомассы в 1,7-1,3 раза от района 9 км выше устья к устью реки. В сезонной динамике плотности ручейников отмечено увеличение ее от мая к августу-сентябрю с последующим снижением к октябрю.

3. Плотность личинок ручейника *Ceratopsyche nevae* в р. Базаиха в 2015 г. составила $1,97 \pm 0,42$ г/м² и 165 ± 38 экз/м². Отмечено снижение численности и биомассы в 2,5 раза от района 9 км выше устья к устью реки. В сезонной динамике плотности *Ceratopsyche nevae* отмечено увеличение ее от мая к августу – сентябрю с последующим снижением к октябрю. В жизненном цикле личинок ручейников *Ceratopsyche nevae* мы зарегистрировали две генерации – в мае и августе в устье реки, в июне и августе в районе 9 км выше устья.

4. При оценки качества воды р. Базаиха с помощью биотического индекса Вудивисса (I, условно чистая), Biological Monitoring Working Party Index (III, хорошее), и индекса загрязнения вод (II, чистые), состояние воды от района 9 км выше устья к устью реки не отличалось.

Список использованных источников

1. Зуев, И. В. Питание хариуса *Thymallus* sp. в среднем течении р. Енисей / И. В. Зуев, Е. М. Семенова, С. П. Шулепина, К. А. Резник, Е. А. Трофимова, Е. Н. Шадрин, Т. А. Зотина // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Биология. – 2011. – Т. 4, № 3. – С. 281 – 292.
2. Гидроэнтомология в России и сопредельных странах: материалы V Всероссийского симпозиума по амфибиотическим и водным насекомым / Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. – Ярославль: Издательство «Филигрань», 2013. – 254 с.
3. Лепнева, С. Г. Личинки и куколки подотряда кольчатощупиковых (*Annulipalpia*). Ручейники. Фауна СССР : в 2 т. / С. Г. Лепнева; под ред. Е. Н. Павловского. – Москва : Наука, 1964. – Т.2. – 560 с.
4. Батурина, Н.С. Ручейники (*Trichoptera*) водотоков Северного Алтая: видовой состав и структура сообществ / Н. С. Батурина // Амурский зоологический журнал. – Новосибирск. – 2011. – Т. 3, № 1. – С. 46 – 51.
5. Holzenthal, R. W. Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies / Holzenthal R. W., Vlahnik R. J., Prather A. L., Kjer K. M. // Zootaxa – 2007. – С. 639 – 698.
6. Руперт, Э. Э. Зоология беспозвоночных : учебник для студ. вузов / Э. Э. Руперт, Р. С. Фокс, Р. Д. Барнс. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008. – 496 с.
7. Информация о карповых видах [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://carrexpert.ru>.
8. Качалова, О. Л. Ручейники рек Латвии / О. Л. Качалова. – Рига : Зинатне, 1972. – 215 с.
9. Непокрытых А. В. Эндемичные ручейники (*Trichoptera*) озера Байкал – пространственное распределение и биология : автореф. дис... канд. биол. наук : 03.00.18 / Непокрытых Анна Владимировна. – Иркутск, 2009. – 23 с.

10. Свободная энциклопедия [Электронный ресурс] : база данных – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ручейники>.
11. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://ukraine-fish.net>.
12. Жизнь животных: в 6-ти томах. / под ред. Н. А. Гладкова, А. В. Михеева. — Москва, 1970. – 675 с.
13. Бекетов, М. А. Видовой состав насекомых водотоков Северо-Восточного Алтая: поденки, ручейники и веснянки / М. А. Бекетов // Евразийский энтомологический журнал. – Новосибирск. – 2005. – Т 4, № 2 – С 101 – 105.
14. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / под ред. О. В. Бухарина, Г. С. Розенберга. – Москва: Наука, 2007. – 403 с.
15. Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды / под ред. А. В. Крылова, А. А. Боброва. – Москва: Т-во науч. Изданий КМК, 2007 – 372 с.
16. Чебанова, В. В. Бентос лососевых рек Камчатки / В. В. Чебанова. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2009. – 172 с.
17. Ивановский, А. А. Кренобионтные, кренофильные и эврибионтные ручейники родников государственного природного заповедника «Приволжская Лесостепь» / А. А. Ивановский // Самарская Лука. – 2009. – Т. 18, № 3. – С. 214-218.
18. Стом, А. Д., Устойчивость личинок ручейников озера Байкал и водоемов его бассейна к гипоксии / А. Д. Стом, А. Э. Балаян, О. А. Бархатова // Вестник : научно–практический журнал / ИрГСХА – Иркутск, 2012. – № 50. – С. 75 – 81.
19. Леванидова, И. М. Амфибиотические насекомые горных областей Дальнего Востока СССР. Фаунистика, экология, зоогеография Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera. – Санкт-петербург : Наука, 1982. – 215 с.
20. Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища / В. М. Савкин; отв. ред. О. Ф. Васильев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2014. – 393 с.

21. Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям : сб. статей – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1981 – 208 с.
22. Руднева, Л. В. Зообентос горных водотоков бассейна Верхней Оби: автореф. дис... канд. биол. наук :03.00.18 / Руднева Любовь Васильевна. – Красноярск, 1995. – 24 с.
23. Кузнецова, И. А., Опыт использования индикаторных организмов при мониторинге загрязнения водной среды экотоксикатами / И. А. Кузнецова, Л. В. Черная // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 13. – С. 111 – 113.
24. Якимов, А. В. Ручейники (Trichoptera) Кабардино-Балкарии как индикаторы качества речных вод [Электронный ресурс] / А. В. Якимов, М. А. Сарахова, В. Д. Львов, М. М. Шахмурзов, С. К. Черчесова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/113-10892>.
25. Koen Locka Benthic macroinvertebrates as indicators of the water quality in Bulgaria: A case-study in the Iskar river basin / Koen Locka, Mina Asenovab, Peter L. M. Goethalsa. // *Limnologica*. – 2011. – № 41. – С. 334 – 338.
26. Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология : методы, критерии, решения : в 2 кн. / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко; отв. ред. Е. А. Криксунов. – Москва : Наука, 2005. – Кн. 1 – 281 с.
27. Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям : сб. статей – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1977 – 230 с.
28. Семенченко, В. П. Экологическое качество поверхностных вод / В. П. Семенченко, В. И. Разлуцкий. – Минск : Беларус. наука, 2010. – 329 с.
29. Историческое развитие класса насекомых : труды палеонтологического института / под ред. Б. Б. Роденфорда. – Москва, 1980. – 256 с.
30. Сукачева, И. Д. Историческое развитие отряда ручейников : учебное пособие / И. Д. Сукачева; под. ред. А. П. Расницына. – Москва : Наука, 1982. – 112 с.

31. Classification Hierarchy - ORDER TRICHOPTERA [Электронный ресурс] : Clemson university – Режим доступа : <http://www.clemson.edu>.
32. Территория Красноярский край [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://territory.newslab.ru>.
33. Запекина-Дулькейт, Ю. И. Гидробиологическая и ихтиологическая характеристика водоемов заповедника «Столбы» / Ю. И. Запекина-Дулькейт, Г. Д. Дулькейт // Труды государственного заповедника «Столбы». – 1961. - № 3 – С. 7 – 109.
34. Соколов, А. А. Гидрография СССР / А. А. Соколов. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1952. – 287 с.
35. Величко, М. Ф. Маленькие путешествия вокруг большого города / М. Ф. Величко. – Красноярск : Книжное издательство, 1989. – 150 с.
36. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений : учебное пособие / под ред. В. А. Абакумова. – Санкт-Петербург, 1983. – 240 с.
37. Определитель пресноводных беспозвоночных России : в 6 т. / под ред. С. Я. Цалолихина. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – Т.5. – 825 с.
38. РД 52.24.309-2011. Руководящий документ. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши" – утв. 25.10.2011 – Москва : Росгидромет, 2011 – 87 с.
39. География. Современная иллюстрированная энциклопедия / под ред. проф. А. П. Горкина. – Москва : Росмэн, 2006. – 624 с.
40. Яныгина Л. В. Зообентос бассейна верхней и средней Оби : воздействие природных и антропогенных факторов : автореф. дис... канд. биол. наук : 03.02.08 / Яныгина Любовь Васильевна. – Барнаул, 2013. – 390 с.
41. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., Количественная гидроэкология: методы системной индетификации – Тольяти, 2003. – Т1.