

## Биологические ресурсы

УДК: 597.95:574.23

### Зимовка сибирского углозуба *Salamandrella keyserlingii* (Dybowski, 1870) в Центральной Якутии

Н.Г. Соломонов<sup>\*,\*\*</sup>, В.Т. Седалищев<sup>\*\*</sup>, К.С. Соломонов<sup>\*,\*\*</sup>,  
Р.А. Кириллин<sup>\*\*\*</sup>, С.Г. Протопопов<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Северо-Восточный Федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

<sup>\*\*</sup>Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия

<sup>\*\*\*</sup>Якутский зоопарк «Орто-Дойду», г. Якутск, Россия

bio@ibpc.ysn.ru

**Аннотация.** В зимний сезон 2013-2014 гг. на территории Якутского государственного зоопарка «Орто-Дойду», в 50 км южнее г. Якутска было проведено исследование условий зимовки *Salamandrella keyserlingii*. В типичное зимовочное убежище углозуба, найденное 16 сентября 2013 г. в лесу под трухлявым пнем в 70 м от озера на глубине около 10 см рядом с уснувшими тремя углозубами поставили термограф DS 19221-F5, запрограммированный на измерение температуры каждые 3 часа. При вскрытии мест зимовки 5 мая следующего года были обнаружены все три уже слабо активных углозуба. На месте зимовки углозубов под защитой снежного покрова до 40 см глубиной до конца третьей декады декабря температура среды держалась на уровне минус 10-15°C, с конца декабря до начала марта температура в убежище углозубов была от минус 17°C до 26°C, затем началось повышение температуры, во второй половине марта поднялась выше минус 10°C. В апреле скорость повышения температуры резко возросла, в 20-х числах этого месяца достигла около нулевых значений, в середине третьей декады апреля стала положительной, и в начале мая начался период пробуждения углозубов от спячки. Из приведенных данных видно, что относительно глубокий снежный покров в условиях Центральной Якутии играет существенную теплозащитную роль для животных, зимующих у поверхности земли и на небольших глубинах в поверхностном слое почво-грунтов. Это наиболее ярко проявляется в самые холодные месяцы с ноября по февраль, когда разница температур достигает 20° и более градусов. Одним из условий успешной зимовки углозуба в Центральной Якутии является то, что здесь в отличие от других регионов, в том числе Магаданской области, после наступления октябрьских холодов не происходит смены похолоданий – потеплений и животные, раз замерзнув, более не пробуждаются. Исключительная холодоустойчивость углозуба получила еще одно подтверждение тем, что они успешно зимовали в замерзшем состоянии в течение долгой семимесячной якутской зимы при температурах от минус 5° до минус 26°C.

**Ключевые слова:** сибирский углозуб, зимовка, термограф, телеметрия, Центральная Якутия.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках базового проекта VI.51.1.11. «Структура и динамика популяций и сообществ животных холодного региона Северо-Востока России в современных условиях глобального изменения климата и антропогенной трансформации северных экосистем: факторы, механизмы, адаптации, сохранение» (0376-2016-0002; рег. Номер АААА-А17-117020110058-4)

### Wintering of siberian salamander *Salamandrella keyserlingii* (Dybowski, 1870) in Central Yakutia

N.G. Solomonov<sup>\*,\*\*</sup>, V.T. Sedalischev<sup>\*\*</sup>, K.S. Solomonov<sup>\*,\*\*</sup>, R.A. Kirillin<sup>\*\*\*</sup>, S.G. Protopopov<sup>\*\*\*</sup>

---

СОЛОМОНОВ Никита Гаврилович – член-корр. РАН, советник РАН; СЕДАЛИЩЕВ Виктор Тимофеевич – к.б.н., с.н.с.; СОЛОМОНОВ Константин Сергеевич – лаборант; КИРИЛЛИН Руслан Анатольевич – инженер; ПРОТОПОПОВ Спиридон Гаврильевич – зав. сектором герпетологии

\*North-Eastern Federal University named by M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia

\*\*Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia

\*\*\*Yakut 'Orto-Doydu' Zoo, Yakutsk, Russia

bio@ibpc.ysn.ru

**Annotation.** During 2013-2014 winter seasons, in the territory of Yakut 'Orto-Doydu' Zoo, 50 km the south of Yakutsk, *Salamandrella keyserlingii* wintering conditions were studied. The DS 19221-F5 thermograph, programmed to measure the temperature every 3 hours, was placed in a typical wintering den of a Siberian salamander. On September 16, 2013, the den was found in the forest, 70 m from a lake under a dead stump at a depth of about 10 cm with three Siberian salamanders inside. Next year on May 5, at the opening of the wintering den there were discovered all three hardly active Siberian salamanders. To the end of the third decade of December, in the wintering den of the Siberian salamanders, under the snow cover up to 40 cm deep, the temperature was at minus 10 - 15°C. From the late December to early March, the temperature in the den fluctuated from minus 17°C to minus 26°C, and then it started to rise. In the second half of March the temperature increased up to above minus 10°C. In late April, the rate of temperature rise has increased dramatically reaching nearly zero values. In the middle of the third decade of April the rate was positive. And in early May, awakening of Siberian salamanders from hibernation began. The achieved data state that in Central Yakutia a relatively deep snow cover plays a significant role in thermal protection for animals wintering at ground surface and at shallow depths in the surface soil and subsoil layer. This is most clear in the coldest months from November to February, when the temperature difference reaches up to 20° or more degrees. One of the conditions favouring successful wintering of Siberian salamander in Central Yakutia, unlike in other regions, including the Magadan region, is that cold snaps and warmings stop alternating after October, and once frozen animals don't wake up. The remarkable cold resistance of Siberian salamander was also confirmed by the fact that they successfully wintered in a frozen condition for a long seven-month Yakutian winter at temperatures from minus 5° to minus 26°C.

**Key words:** Siberian salamander, wintering, thermograph, telemetry, Central Yakutia.

### Введение

Способность сибирского углозуба зимовать в условиях холодного климата издавна привлекала внимание исследователей, В.Л. Серошевский отмечал его обитание в районе г. Верхоянска – признанного полюса холода [1]. При этом он впервые в литературе отметил исключительную холодоустойчивость этого вида. Он описал как пойманный летом его знакомым и замороженный в погребе углозуб, превратившийся в кусок льда, весной оттаяв, возвратился к жизни и побегал как ни в чем не бывало. В обобщающей итогах работ ученых в XIX в. по изучению животных Севера книге «Fauna Arctic» А. Вернер в специальной статье [2] писал о проникновении за Полярный круг Сибирского углозуба и двух видов лягушек *Rana arvalisi* *Rana temporaria*. В работе только констатирован факт обитания этих видов в Заполярье.

С.С. Шварц, В.Г. Ищенко в своей книге «Пути приспособления амфибий в Субарктике» показали, что важнейшими особенностями, позволившими амфибиям освоить Субарктику являются увеличенная скорость развития, эврифагия, способность к созданию энергетических ресурсов к зиме и устойчивость к холоду [3]. Эти авторы обратили внимание на накопление северными амфибиями больших запасов гликогена к зиме.

О многолетнем замораживании углозуба, обнаруженного в трещине вечной мерзлоты на глубине 11 м. писали Н.Н. Щербак и Н.Н. Ковалюх [4]. Они радиоуглеродным методом определили, что возраст этого экземпляра равен 90±15 годам.

В последние годы магаданский зоолог Д.И. Берман с сотрудниками провел обстоятельные исследования по экологическим и физиологическим адаптациям сибирского углозуба к условиям Северо-Востока Евразии [5,6,7,8,9,10]. Важнейшими его экологическими адаптациями углозуба к условиям севера кроме указанных в работе С.С. Шварца, В.Г. Ищенко [3] оказались особенность размножения в мелких замерзающих зимой зато быстрее оттаивающих ранней весной водоемах, определяющая быстрое развитие молоди, исключительная холодоустойчивость, позволяющая выдерживать низкие температуры до минус 35°C, способность обходиться без пищи при длительном пребывании при малых положительных температурах.

Несмотря на столь обстоятельное изучение зимовки углозуба в условиях Северо-Восточной Азии многие стороны зимней спячки углозуба остаются недостаточно изученными, особенно в районе континентальной Якутии, где с начала октября по конец апреля держатся зимние холода. В зимний сезон 2013-2014 гг. на территории

Якутского государственного зоопарка, в 50 км южнее г. Якутска нами проведено инструментальное исследование условий зимовки *Salamandrella keyserlingii*. В типичное зимовочное убежище углозуба, найденное 16 сентября 2013 г. в лесу под трухлявым пнем в 70 м от маточного озера на глубине около 10 см рядом с уснувшими тремя углозубами поставили термограф DS 19221-F5 запрограммированный на измерение температуры каждые 3 часа (рис. 1). Период работы с 16 сентября 2013 г. по 5 мая 2014 г. Для суждения о температуре среды обитания использованы данные ближайшей метеостанции Покровск, находящейся в 24 км. Они показали, что температура среды обитания углозуба с середины сентября до его конца опустилась до минус 15°C, с начала ноября до середины февраля стояла самая холодная зима с морозами до минус 40-53°C, температура грунта на 10-ти сантиметровой глубине нахождения зимовочного убежища под защитой снежного покрова глубиной 35-40 см равнялась минус 20-26°C. Начиная с конца первой декады февраля началось постепенное повышение температуры воздуха и температуры зимовочного убежища углозуба (рис. 2).

При вскрытии мест зимовки 5 мая следующего года обнаружены все три уже активных углозуба. В первое время углозубы для дневного отдыха возвращались в зимовочное убежище. На рис. 2 приведены температурные условия среды обитания углозуба в зимнее время и уже активный углозуб, убегающий при осмотре убежища. Результаты наших наблюдений ранее были доложены на 3-ей Международной конференции по биоразнообразию в Испании 2014 г. (Валенсия, 24-26 июня) [10] и частично опубликованы в нашей статье по экологическому туризму в 2016 г. [12].

### Результаты и обсуждение

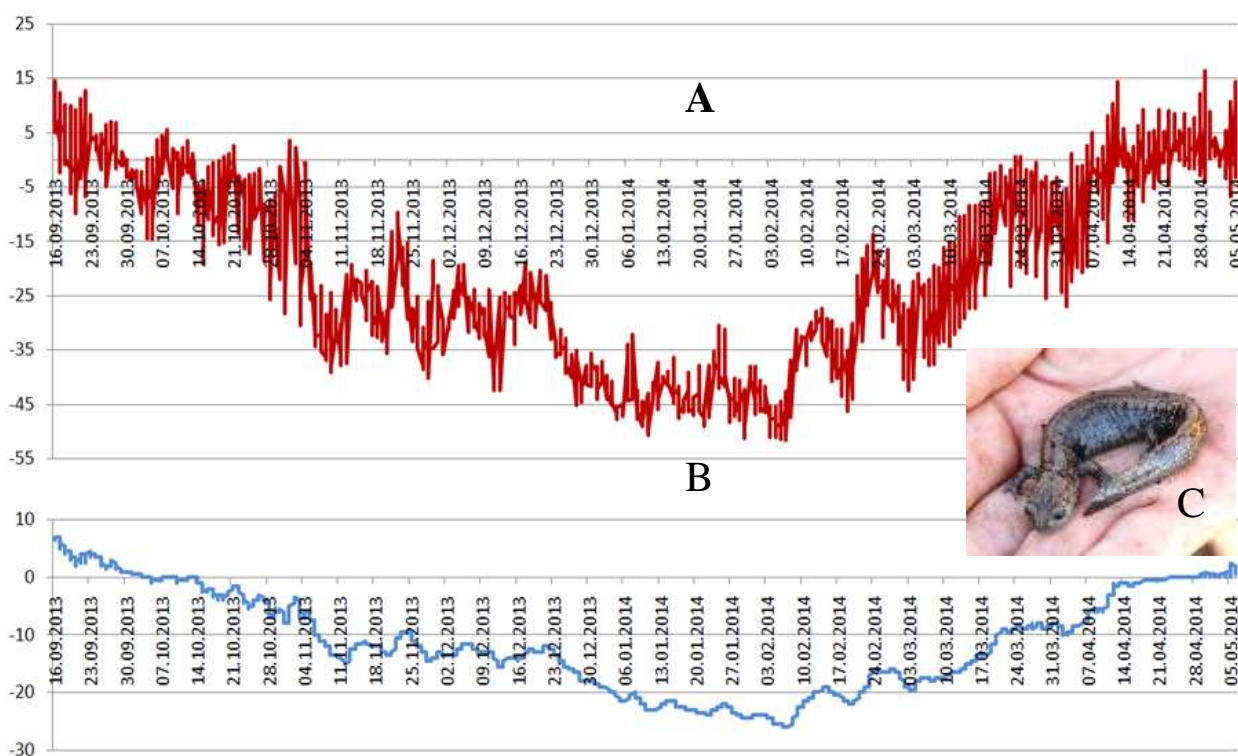
Сибирский углозуб является объектом наших исследований 60-х гг. прошлого века. [13,14,15,16,17]. Однако при этом мы ранее ограничивались данными о сроках ухода углозуба на зимовку, определениями мест расположения зимних убежищ и наблюдениями за весенним пробуждением от спячки. Более подробно изучением экологии зимовки этого вида мы начали заниматься с 2010 г. в связи с появлением серии публикаций Д.И. Бермана и его сотрудников, цитированных выше и участием К.С. Соломонова в работе Международной конференции по криобиологии в Англии [11]. Д.И. Берман с сотрудниками провел серию полевых и экспериментальных работ по экологии, экологической физиологии и биохимии сибирского углозуба и установил наличие у него



Рис. 1. Место зимовки сибирского углозуба, огороженное жестяным заборчиком. Фото Р.А. Кириллина

адаптаций, позволяющих успешно осваивать Северо-Восток Евразии с ее суровыми, экстремальными природно-климатическими условиями. Огромное значение особенно в тундровых районах имеет размножение в мелких, промерзающих зимой водоемах, которые весной рано оттаивают и имеют оптимальные температурные условия для развития икры и личинок. В условиях лесной зоны они также имеют большое значение для быстрого воспроизводства популяции в обычные и особенно благоприятные годы. Однако в неблагоприятные, засушливые годы мелкие водоемы быстро засыхают и вся молодь углозуба в них погибает. Еще большее значение имеют установленные школой Бермана эколого-физиологические и биохимические адаптации, установленные у зимующих углозубов. В частности, они показали, что у зимующего углозуба с наступлением устойчивых холодов в октябре огромные запасы гликогена в печени и мышцах начинают переходить в глицерин, которые концентрируются во внутренних органах, остающихся не смерзающимися, эластичными, в незамерзающей крови и мышцах. Ранее о подобной роли глицерина в защите организма зимующих на суше американских лягушек писал В.Д. Шмид [18].

В октябре 2010 г. во время демонстрации К.С. Соломонова нашего доклада «Сибирский углозуб как объект для изучения устойчивости к холоду» к нему подошел профессор Келвин Брокбанк, который в это время вместе с коллегами работал над обзорной статьей «уроки природы по сохранению клеток тканей и органов млекопитающих». После разговора он решил использовать данные доклада и в свою статью, опубликованную в том же 2010 г., включил фото К.С. Соломонова «Сибирский углозуб» [19]. В



**Рис. 2.** Температурные условия зимовки углозуба. А) Температура воздуха по данным Покровской метеостанции. В) Динамика температуры зимнего убежища углозуба с середины сентября 2013 г. до 5 мая 2014 г. С) Убегающий из зимовочного убежища углозуб. Фото Р.А. Кириллина

последующие годы мы привлекли к этой работе учащиеся Ойской СОШ Хангаласского улуса.

Приведенные в настоящей работе данные о зимовке сибирского углозуба еще раз свидетельствуют об исключительной холодоустойчивости этого вида. Температура воздуха, по данным метеостанции г. Покровск в конце сентября опустилась до минус 15°C и держалась на этом уровне до конца октября, с ноября до 20-х чисел декабря стояли умеренно морозные дни до минус 43°C и только с начала января до середины февраля отмечены морозы ниже 45°C. С середины февраля началось постепенное потепление, завершившееся таянием снега на открытых местах, когда остались отдельные островки снега в лесу. На месте зимовки углозубов под защитой снежного покрова до 40 см глубиной до конца третьей декады декабря температура среды держалась на уровне минус 10-15°C, с конца декабря до начала марта температура в убежище углозубов была от минус 17°C до 26°C, затем началось повышение температуры, во второй половине марта поднялась выше минус 10°C, в апреле скорость повышения температуры резко возросла, в 20-х числах этого месяца достигли около нулевых значений, в середине третьей декады апреля стала положительной и в начале мая начался период пробуждения от спячки. Из

приведенных данных видно, что относительно глубокий снежный покров в условиях Центральной Якутии играет существенную теплозащитную роль для животных, зимующих у поверхности земли и на небольших глубинах в поверхностном слое почво-грунтов. Это наиболее ярко проявляется в самые холодные месяцы с ноября по февраль, когда разница температур достигает 20° и более градусов.

Одним из условий успешной зимовки углозуба в Центральной Якутии является то, что здесь в отличие от других регионов, в том числе Магаданской области, после наступления октябрьских холодов не происходит смены похолоданий – потеплений и животные, раз замерзнув, более не пробуждаются. Важнейшим условием успешной зимовки углозуба является наличие хорошей кормовой базы и способность накапливать запасы гликогена в органах. Мы об этом судим только по косвенным данным и нашим данным по динамике содержания гликогена в печени другого вида северной амфибии – сибирской лягушки. Исключительная холодоустойчивость углозуба получила еще одно подтверждение тем, что они успешно зимовали в замерзшем состоянии в течении долгой семимесячной якутской зимы при температурах от минус 5° до минус 26°C.

В заключение следует сказать о том, что надо и дальше работать по изучению механизмов исключительной холодоустойчивости сибирского углозуба, защитным функциям глицерина и других возможных криопротекторов.

### Литература

1. *Серошевский В.Л.* Якуты. Опыт этнографического исследования. – СПб, 1896. 2-е издание: - М. 1993 – 736 с.
2. *Werner A.* Die nordlichsten Amphibien und Reptilien. – Fauna Arctica, Bd 4, Jena, 1906.
3. *Щварц С.С., Ищенко В.Г.* Пути приспособления наземных позвоночных животных к условиям существования в Субарктике. Том III. Земноводные. – Труды Института экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР, вып. 79. Свердловск, 1971. – 60 с.
4. *Щербак Н.Н., Ковалюх Н.Н.* О возрасте живого земноводного (*Hynobius keyserlingi* Dyb., 1970) из ископаемого льда // Докл. АН СССР, 1973. - Т. 211. - № 4. - С. 1003–1004.
5. *Берман Д.И., Лейрих А.Н., Михайлова Е.И.* О зимовке сибирского углозуба *Hynobius keyserlingi* на Верхней Колыме. // Жкрн. Эвол. Биохим. И физиол. № 3. С. 323–326.
6. *Берман Д.И.* О местах и условиях зимовки сибирских углозубов (*Hynobius keyserlingi* Dyb.) в горно-лесной Субарктике северо-востока Азии // Зоологический журнал, 1992. Том 7, № 7. С. 75–85.
7. *Берман Д.И.* Идеальный приспособленец, или адаптивная стратегия сибирского углозуба // Природа, 2002. №10. С.59-68.
8. *Алфимов А.В., Берман Д.И.* Размножение сибирского углозуба (*Salamandrella keyserlingii*, Amphibia, Caudata) в водоемах на вечной мерзлоте Северо-Востока Азии // Зоол. журнал, 2010, - 89, №3. С.302-318.
9. *Берман Д.И., Лейрих А.Н., Мещерякова Е.Н.* О способности эмбрионов сибирского углозуба (*Salamandrella keyserlingii*, Caudata, Amphibia) переносить отрицательные температуры // Зоол. журнал, 2006, т.85, №10, С.1230-1235.
10. *Берман Д.И., Мещерякова Е.Н.*
11. *Solomonov K.S., Sedalishev V.T., Solomonova T.N., Kirillin R.A.* Amphibian biodiversity in Yakutia: the coldest region of the Earth / J. of Eco-system&Ecography – Jun., 2014, - Vol. 4, - Issue 3 – p. 38.
12. *Соломонов Н.Г., Гермогенов Н.И., Соломонов К.С., Исаев А.П., Охлопков И.М., Шемякин Е.В., Владимирцева М.В., Кириллин Р.А.* Животные Якутии как объекты экологического туризма // Наука и образование. 2016. № 3 (83). С. 128-135.
13. *Ларионов П.Д., Соломонов Н.Г., Ларионов Г.П.* Материалы по распространению и биологии земноводных и пресмыкающихся в Якутии // Вопросы герпетологии. Л. – 1964 – С.38-39.
14. *Белимов Г.Т., Седалищев В.Т.* К экологии амфибий Центральной Якутии // Экология. – 1977. - № 6. - С. 85-88.
15. *Белимов Г.Т., Седалищев В.Т.* К экологии сибирского углозуба (*Hynobius keyserlingi* Dyb.) в Центральной Якутии // Биологические науки, 1983. №10, С.37.
16. *Боркин Л.Я., Белимов Г.Т., Седалищев В.Т.* Новые данные о распространении амфибий и рептилий в Якутии // Тр. Зоол. ин-та АН СССР - Л.: 1984, Т. 124. - С. 89-101.
17. *Седалищев В.Т.* К экологии земноводных и рептилий Якутии // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России. Материалы Дальневосточной конф., посвященной памяти А.П. Васильковского и в честь 95-летия Магадан, 2006. С.402-407.
18. *Schmid W. D.* Survival of frogs in low temperature, Science. 1982 Vol. 215 No. 4533 P. 697–698.
19. *Kelvin G.M. Brockbank, Lia H. Campbell, Elizabeth D. Greene, Matthew C.G. Brockbank, John G. Duman.* Lessons from nature for preservation of mammalian cells, tissues, and organs. In Vitro Cellular&Developmental Biology. Animal, Vol. 47, No. 3 (March 2011), pp. 210-217.

### Reference

1. *Seroshevskij V.L.* Yakuty. Opyt etnograficheskogo issledovaniya. Saint Petersburg, 1896, 2-e izd.: M. 1993, p. 736.
2. *Werner A.* Die nordlichsten Amphibien und Reptilien. Fauna Arctica, Bd 4, Jena, 1906.
3. *Schwarz S.S., Ischenko V.G.* Puti prispobleniya nazemnyh pozvonochnyh zhivotnyh k usloviyam suschestvovaniya v Subarktike. Tom III. Zemnovodnye. – Trudy Instituta ekologii rastenij i zhivotnyh Ural'skogo filiala AN SSSR, vyp. 79. Sverdlovsk, 1971, p. 60.
4. *Scherbak N.N., Kovalyuh N.N.* O vozraste zhivogo zemnovodnogo (*Hynobius keyserlingi* Dyb., 1970) iz iskopaemogo l'da //Dokl. AN SSSR, 1973, vol. 211, № 4, pp. 1003-1004.
5. *Berman D.I., Lejrih A.N., Mihajlova E.I.* O zimovke sibirskogo uglozuba *Hynobius keyserlingi* na Verhnej Kolyme. // Zhkrn. Evol. Biohim. I fiziol. № 3, pp. 323-326.
6. *Berman D.I.* O mestah i usloviyah zimovki sibirskih uglozubov (*Hynobius keyserlingi* Dyb.) v gorno-lesnoj Subarktike severo-vostoka Azii // Zoologicheskij zhurnal, 1992, vol. 7, № 7, pp. 75-85.
7. *Berman D.I.* Ideal'nyj prispoblenec, ili adaptivnaya strategiya sibirskogo uglozuba // Priroda, 2002, №10, pp. 59-68.

8. *Alfimov A.V., Berman D.I.* Razmnozhenie sibirskogo uglozuba (*Salamandrella keyserlingii*, Amphibia, Caudata) v vodoemah na vechnoj merzlotе Severo-Vostoka Azii // *Zoo. zhurnal*, 2010, vol. 89, №3, pp. 302-318.
9. *Berman D.I., Lejrih A.N., Mescheryakova E.N.* O sposobnosti embrionov sibirskogo uglozuba (*Salamandrella keyserlingii*, Caudata, Amphibia) perenosit' otricatel'nye temperatury // *Zoo. zhurnal*, 2006, vol.85, №10, pp.1230-1235.
10. *Berman D.I., Mescheryakova E.N.*
11. *Solomonov K.S., Sedalishchev V.T., Solomonova T.N., Kirillin R.A.* Amphibian biodiversity in Yakutia: the coldest region of the Earth / *J. of Ecosystem & Echography* – Jun., 2014, vol. 4, issue 3, p. 38.
12. *Solomonov N.G., Germogenov N.I., Solomonov K.S., Isaev A.P., Ohlopkov I.M., Shemyakin E.V., Vladimircева M.V., Kirillin R.A.* Zhivotnye Yakutii kak objekty ekologicheskogo turizma // *Nauka i obrazovanie*, 2016. № 3 (83), pp. 128-135.
13. *Larionov P.D., Solomonov N.G., Larionov G.P.* Materialy po rasprostraneniyu i biologii zemnovodnyh i presmykayuschih'sya v Yakutii // *Voprosy gerpetologii*. L. 1964, pp. 38-39.
14. *Belimov G.T., Sedalishchev V.T.* K ekologii amfibij Central'noj Yakutii // *Ekologiya*, 1977, № 6, pp. 85-88.
15. *Belimov G.T., Sedalishchev V.T.* K ekologii sibirskogo uglozuba (*Hynobius keyserlingii* Dyb.) v Central'noj Yakutii // *Biologicheskie nauki*, 1983. №10, p. 37.
16. *Borkin L.YA., Belimov G.T., Sedalishchev V.T.* Novye dannye o rasprostraneniі amfibij i reptilij v Yakutii // *Tr. Zool. inst. AN SSSR*. L.: 1984, vol. 124, pp. 89-101.
17. *Sedalishchev V.T.* K ekologii zemnovodnyh i reptilij Yakutii // *Geologiya, geografiya i biologicheskoe raznoobrazie Severo-Vostoka Rossii. Materialy Dal'nevostochnoj konf., posvyaschennoj pamyati A.P. Vas'kovskogo i v chest' 95-letiya*. Magadan, 2006, pp. 402-407.
18. *Schmid W. D.* Survival of frogs in low temperature, *Science*. 1982, vol. 215, № 4533, pp. 697–698.
19. *Kelvin G.M. Brockbank, Lia H. Campbell, Elizabeth D. Greene, Matthew C.G. Brockbank, John G. Duman.* Lessons from nature for preservation of mammalian cells, tissues, and organs. *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Animal*, vol. 47, № 3 (March 2011), pp. 210-217.

Поступила в редакцию 15.12.2017