

**Н.И. Быков<sup>1</sup>, А.А. Сабаев<sup>1</sup>, Е.А. Давыдов<sup>2</sup>, Д.А. Касуров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул (Россия)

<sup>2</sup>Тигирекский государственный заповедник, г. Барнаул (Россия)

### **НАБЛЮДЕНИЯ ЗА НИВАЛЬНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ В ТИГИРЕКСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗАПОВЕДНИКЕ**

*Аннотация.* В статье систематизированы сведения о наблюдениях за нивально-гляциальными явлениями на территории Тигирекского государственного заповедника. Данный заповедник образован в 1999 г. на северо-западной окраине Алтая, в пределах Тигирецкого хребта. С 2003 г. на его территории ведется учет фенологических явлений, в том числе в зимний период. Горная местность обуславливает здесь широкое разнообразие нивально-гляциальных явлений и значительную дифференциацию их в пространстве. В статье приводятся некоторые результаты изучения снежников, снежного покрова и ледового покрова рек, дат наступления зимних фенофаз и явлений, а также инвентаризации вероятных мест схода снежных лавин.

Информация об отдельных явлениях была получена на основе инструментальных наземных исследований – фенофазы. Для изучения других были использованы как наземные, так и дистанционные методы исследований – снежники, снежный покров, ледовый покров. Инвентаризация лавиносборов была проведена исключительно с помощью дешифрирования космических снимков.

*Ключевые слова:* Тигирекский заповедник, нивально-гляциальные явления, снежный и ледовый покров, фенофазы зимы, лавиносборы.

**N.I. Bykov<sup>1</sup>, A.A. Sabaev<sup>1</sup>, E.A. Davydov<sup>2</sup>, D.A. Kasurov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul (Russia)

<sup>2</sup>State nature reserve «Tigirekskij», Barnaul (Russia)

### **OBSERVATIONS OF NIVAL-GLACIAL PHENOMENA IN THE TIGIREK STATE RESERVE**

*Abstract.* The article systematizes information about observations of nival-glacial phenomena on the territory of the Tigirek State Reserve. This reserve was formed in 1999 on the northwestern outskirts of Altai, within the Tigiretsky ridge. Since 2003, phenological phenomena have been recorded on its territory, including in winter. The mountainous terrain determines here a wide variety of nival-glacial phenomena and their significant differentiation in space. The article presents some results of studying snowfields, snow cover and ice cover of rivers, dates of the onset of winter phenophases and phenomena, as well as an inventory of the likely places of avalanches.

Information about individual phenomena was obtained on the basis of instrumental ground-based studies - phenophase. To study others, both ground and remote research methods were used - snowfields, snow cover, ice cover. The inventory of avalanche gatherings was carried out exclusively with the help of deciphering satellite images.

*Keywords:* Tigirek strict reserve, nival-glacial phenomena, snow and ice cover, phenophases of winter, avalanche gatherings.

#### **Введение**

Нивально-гляциальные явления (снежный покров, ледовый покров водоемов, наледи, лавины и метели) выступают существенным экологическим фактором в высоких широтах и в горах, особенно в сибирских регионах. С середины 40-х годов XX века снежный покров стал

рассматриваться как комплексный экологический фактор, оказывающий влияние на массо-энергообмен природных систем [11]. В дальнейшем, конкретизируя теоретические положения [11] было показано [14], что степень воздействия снежного покрова неоднозначна. Она меняется в зависимости от географического положения, увеличиваясь с повышением широты и высоты местности. В дальнейшем неоднократно рассматривалось влияние снежного покрова на структуру природных комплексов различного уровня и тенденции их изменений [17]. Изучение системных связей снежного покрова способствовало формированию целого направления в науке, которое было названо ландшафтным снеговедением [15].

Менее масштабное в территориальном смысле воздействие, чем снежный покров, на элементы геосистем оказывают другие нивально-гляциальные явления. При этом геосистемная роль наледей подробно рассмотрена в работах [1]. Их влияние на отдельные элементы, включая растительный покров, исследовалось и на Алтае [2]. Лавинные процессы, характерные для горных территорий, являются лимитирующим фактором развития экосистем в лавиноборках. Экологическое влияние лавинных процессов на растительный покров изучено многими учеными, в том числе и на Алтае [4, 13].

Влияние нивально-гляциальных явлений на режим и структуру геосистем делает наблюдения за ними обязательным элементом мониторинга природной среды в сибирских регионах, в том числе в заповедных территориях.

Тигирекский государственный заповедник образован в декабре 1999 г. в пределах верхней части бассейна рек Белая и р. Иня, которые являются притоками р. Чарыщ (Северо-Западный Алтай), а также р. Алей. Фенологический мониторинг природных процессов ведётся в заповеднике с 2003 г. на кордонах Тигирек и Белорецкий, а позднее и на кордоне Мариниха [7,9]. Изначально они включали наблюдения и за нивально-гляциальными явлениями.

## Материалы и методы исследования

Визуальные наблюдения за нивально-гляциальными явлениями проводились в окрестностях кордонов Тигирек, Белорецк и Мариниха (здесь будет представлен анализ наблюдений только на первом из названных кордонов), в том числе на так называемой «фенологической тропе». Фиксировались первая капель, первые промоины в ледовом покрове на реках Иня и Белая, начало и окончание на данных реках ледохода, а также начало образования заберега, установление снежного покрова, образование наста, первые проталины в лесу, окончательный сход снежного покрова на открытых местах, снегопады, включая первый и последний. Период наблюдения за разными явлениями различный (табл. 1).

Таблица 1. Периоды наблюдений за нивальными и гляциальными явлениями на кордоне Тигирек

| <b>Феноявления в конце зимы</b>         | <b>Годы наблюдений</b>                 | <b>Феноявления начала зимы</b>    | <b>Годы наблюдений</b>           |
|---|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| Первая капель                           | 2004-2006, 2008-2018                   | Первый снегопад                   | 2006, 2007, 2009-2011, 2013-2019 |
| Первые промоины на реке Иня             | 2006, 2008-2012, 2014-2016, 2018, 2019 | Установление снежного покрова     | 2014-2017                        |
| Ледоход на реке Иня                     | 2014, 2015, 2018, 2019                 | Забереги на реке Иня              | 2015-2018                        |
| Река Иня очистилась ото льда            | 2006, 2008-2014, 2016, 2018, 2019      | <b>Феноявления в течение зимы</b> | <b>Годы наблюдений</b>           |
| Первые проталины в лесу                 | 2005-2014, 2018                        |                                   |                                  |
| Снег полностью сошел на открытых местах | 2006-2008, 2011-2016, 2018, 2019       | Образование наста                 | 2006-2016, 2018, 2019            |
| Последний снегопад                      | 2006, 2010-2019                        | Снегопады                         | 2006-2019                        |

В окрестностях кордонов, а также при зимних учетах животных, инспекторами заповедника периодически фиксируется толщина снежного покрова. Кроме того, сотрудниками научного отдела в отдельные годы (2009-2011 гг., 2017 г. и 2019-2021 гг.) в период миниму-

ма снегонакопления методами снегопунктов и линейных маршрутов [3] выполнялись снегомерные работы, в ходе которых определялись толщина снежного покрова и его водозапас. В настоящее время также осуществляются наблюдения за положением границы снежного покрова в весенний период с использованием космических снимков со спутников Sentinel и Landsat.

Наблюдения за снежниками осуществляются с 2005 г. как наземными исследованиями, так и дистанционными. В ходе наземных наблюдений происходит фиксация положения снежников в период их посещения преимущественно с помощью фотографирования. Более или менее регулярные инструментальные определения размеров выполняются лишь у снежника в верховьях Б. Тигирека (обычно в сентябре). Примечателен факт, что первое описание этого снежника было выполнено еще в 1771 г. [12]. Дистанционными исследованиями в настоящее время установлено положение снежников и динамика их площади в течение лета для 2016 и 2017 гг. Для этого использовались космические снимки со спутников Sentinel-2A и Sentinel-2B. При этом растр для определения снега был получен из каналов 2 (Blue, 490 nm), 11 (SWIR, 1610 nm) и 12 (SWIR, 2190 nm). Разрешение итогового растра составляло 10 м. Обработка спутниковых снимков производилась в ГИС gvSIG 2.4, с использованием модуля Sextante "Калькулятор растра", а вычисление площадей – при помощи ГИС gvSIG 2.4, с использованием модуля "Вычисление площади" с точностью около 5%.

С помощью дистанционных методов выполнена инвентаризация лавиноборов в заповеднике [5]. Их положение определялось на основе выявления так называемых «лавинных прочесов» в древостоях. Кроме того, дистанционные методы используются для проверки наличия в данных лавиноборах лавинных снежников.

В 2011 г. начались инструментальные наблюдения на автоматических станциях на кордоне Тигирек (высота 480 м над уровнем моря), а с 2012 г. и на водоразделе (высота 1530 м) р. Бабий Ключ и р. Иркутка. Наблюдаемые на метеостанциях параметры: температура воздуха на уровне 2 м, температура поверхности почвы и корнеобитаемого слоя (на глубине 5–10 см), количество и продолжительность атмосферных осадков, влажность почвы, относительная влажность воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, общая и фотосинтетически активная солнечная радиация. Температурные датчики воздуха и почвы располагаются также и на других высотных уровнях. Датчики температуры позволяют проанализировать температурный режим зимнего сезона, выделить его фазы. Почвенные температурные датчики способствуют установлению даты схода снежного покрова в конкретной точке. С помощью данных осадкомеров, вероятно, можно установить суммы зимних осадков (в настоящее время данные осадкомеров еще не расшифрованы). Датчики температуры воды и давления, установленные на р. М. Тигирек косвенно могут характеризовать наличие ледового покрова на данной реке.

## **Результаты и их обсуждение**

**Общая характеристика зимы.** Переход среднесуточных температур воздуха через 0°C в сторону минусовых значений происходил за период наблюдений на высоте 1530 м над уровнем моря 2 октября, а на высоте 480 м – 30 октября. Однако в это время дневные температуры еще часто поднимаются выше нуля градусов, поэтому этот период климатологи часто относят к фазе глубокой осени [16]. Первая фаза зимы – первозимье – начинается при переходе среднесуточных температур ниже -5°C в районе Бабьего Ключа в среднем 29 октября, а в с. Тигирек – 18 ноября (табл. 2). На основе наблюдений на метеостанциях «Тигирек» и «Бабий Ключ» установлено, что зима в среднем длится от 108 дней на высоте 480 м над уровнем моря до 137 дней на высоте 1530 м. Самой длительной фазой зимы на нижних уровнях является морозная зима, когда средняя суточная температура воздуха держится ниже -15°C, в то время как на верхних уровнях – первозимье.

Окончание зимы наступает с началом снеготаяния на метеостанции «Тигирек» 8 марта, а на метеостанции «Бабий Ключ» 17 марта. В это время дневные температуры воздуха уже

поднимаются выше нуля, но среднесуточные по-прежнему остаются минусовыми. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через ноль градусов в сторону положительных значений происходит в Тигиреке 24 марта, а на Бабьем Ключе лишь 17 апреля.

Таблица 2. Продолжительность и начало фаз зимы на метеостанциях «Тигирек» и «Бабий Ключ»

| Фазы зимы     | Годы |      |      |      |      |      |      |      |         |        |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|--------|
|               | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Среднее |        |
|               |      |      |      |      |      |      |      |      |         | дни    |
| Бабий Ключ    |      |      |      |      |      |      |      |      |         |        |
| Первозимье    |      | 47   | 85   | 76   | 110  | 91   | 69,0 | 50   | 75,4    | 29.X   |
| Морозная зима |      | 40   | 79   | 32   | 6    | 3    | 4,0  | 19   | 26,1    | 16.I   |
| Спад зимы     |      | 27   | 14   | 12   | 66   | 24   | 38,0 | 66   | 35,3    | 11.II  |
| Тигирек       |      |      |      |      |      |      |      |      |         |        |
| Первозимье    | 27   | 18   | 16   | 18   | 37   | 11   |      |      | 20      | 18.XI  |
| Морозная зима |      | 88   | 73   | 65   | 76   | 61   | 95   |      | 76      | 10.XII |
| Спад зимы     |      | 8    | 2    | 12   | 17   | 6    | 29   |      | 12      | 22.II  |

**Снежники.** В ходе исследований установлено, что на территории заповедника формируются позднелетние снежники и снежники-перелетки [10]. Таких объектов было зафиксировано 6, из которых два находились в бассейне р. Большой Тигирек, три – в бассейне р. Белая и один на водоразделе Малого Тигирека и Иркутки (правый приток р. Белая) [6]. Формирование снежников в заповеднике происходит в высотном диапазоне 1380-1830 м над уровнем моря в пределах альпийских и субальпийских лугов с участками луговых тундр вблизи водоразделов, на склонах, где имеется резкое изменение их профиля в сторону увеличения уклона или эрозионные врезы. Они расположены на склонах северной экспозиции, максимально отклоняясь от направления на север на 35°, вследствие преобладающих здесь в зимний сезон ветров юго-западного направления. Все исследуемые снежники относятся к типу навешанных [10], главным источником питания которых является метелевый перенос снега.

Средняя площадь снежников за наблюдаемые годы варьирует от 2400 до 24 330 м<sup>2</sup>, а максимальная – от 37337 до 127954 м<sup>2</sup>. Результаты наблюдений за снежниками свидетельствуют о том, что, чаще всего, они являются позднелетними. Большинство снежников прекращает свое существование в конце июля – августе. В последнее десятилетие только снежник в верховьях р. Большой Тигирек в отдельные годы являлся снежником-перелетком (в 2013 г. также снежник в бассейне р. Бабий Ключ). Его полное стаивание обычно происходит в сентябре, а наиболее раннее – в конце июля. Большинство других снежников прекращает свое существование в конце июля – августе. В целом можно отметить, что развитие снежников в 2016-2017 гг. было существенным по сравнению со средним значением, но при этом меньшим, чем в 2013 г.

**Лавины.** Инвентаризация лавиносборов в заповеднике показала [5, 6], что они практически все (около 30) находятся в бассейне р. Белая, в ее верховьях (9 лавиносборов), а также в пределах бассейнов ее притоков – Иркутки (8), Большой Берложьей (8), Прямого ключа (93). По два слабо выраженных лавиносбора имеется также в бассейнах рек Крахалихи и Баталихи.

Зоны зарождения лавин находятся здесь в пределах 1220-1602 м (в среднем 1392 м) над уровнем моря, а зоны аккумуляции лавинных снежников на высоте 800-1040 м (в среднем 968 м). Уклоны поверхности в зонах зарождения лавин варьируют от 25 до 37 градусов (в среднем 32,5). Наиболее часто зоны зарождения лавин на исследуемой территории имеют восточно-юго-восточную, юго-юго-западную, западно-юго-западную и западно-северо-западную экспозиции. При этом число зон с западной экспозицией склонов превосходит число зон с восточной экспозицией (соответственно 59,4% и 40,6%). В тоже время соотношение долей таких зон с южной и северной экспозицией показывает еще более ассиметрич-

ную картину (соответственно 75% и 25%). Относительно главной оси Тигирецкого хребта практически все лавиносборы расположены с южной, то есть наветренной, стороны. Такое распределение необычно по сравнению с бассейнами рек Коргон и Кумир, где лавиносборы в основном формируются на склонах северных румбов. Вероятно, это связано с тем, что северные склоны вблизи водоразделов в пределах заповедника более пологие, чем южные.

В ходе анализа космических снимков Sentinel за 2016-2020 гг. наличие лавинных снежников в лавиносборах не было установлено. Поскольку в указанный период зима 2016-2017 гг. была многоснежной, можно предположить, что формирование лавин здесь определяется не столько толщиной снежного покрова, сколько характером развития снежной толщи.

**Снежный покров.** Первые снегопады за указанный период наблюдений отмечались в широком диапазоне от 30 сентября (2019 г.) до 10 ноября (2006 г.) при средней дате 9 октября. Установление устойчивого снежного покрова происходило в среднем 1 ноября (от 14 октября в 2016 г. до 7 ноября в 2014 и 2017 гг.).

Измерение толщины снежного покрова на период его максимума (начало марта) в 2009 и 2010 гг. производилась методом снегопунктов в высотном диапазоне 470-880 м над уровнем моря. В 2009 году она составляла 43-51 см, а в 2010 г. – 40-50 см. Начиная с 2011 г., измерения производились на снегомерных маршрутах. Маршруты 1-3 располагаются в нижней части среднегорного лесного горно-таежного подтипа ландшафтов. Маршруты 4 и 5 находятся на Ханкаринском участке заповедника в пределах низкогорного подтаежного подтипа ландшафтов. При этом маршрут 4 проходит по склону юго-западной экспозиции, а маршрут 5 – по склону северо-восточной экспозиции. Маршрут 6 простирается в пределах межгорно-котловинного подтаежного подтипа ландшафтов, где леса чередуются со злаково-разнотравными лугами.

Результаты исследований (табл. 3) свидетельствуют о том, что на снегонакопление существенное влияние оказывают не только высота местности, но и экспозиция склонов.

Таблица 3. Характеристики снежного покрова на период максимума снегонакопления на маршрутах в Тигирецком заповеднике за отдельные годы

| Номер снегомерного маршрута | Средняя высота над уровнем моря, м | Толщина снежного покрова, см | Плотность снежного покрова, г/см <sup>3</sup> | Водозапас снежного покрова, мм |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------|
| 4 марта 2011 г.             |                                    |                              |   |                                |
| Маршрут №2                  | 553                                | 54                           | 0,19  | 97,9                           |
| Маршрут №4                  | 880                                | 25                           | 0,22  | 38,4                           |
| Маршрут №5                  | 880                                | 63,2                         | 0,26  | 109,6                          |
| Маршрут №6                  | 490                                | 41                           | 0,14  | 53,6                           |
| 8-12 марта 2017 г.          |                                    |                              |   |                                |
| Маршрут №1                  | 492                                | 37                           | 0,22  | 76,2                           |
| Маршрут №2                  | 553                                | 43                           | 0,29  | 121                            |
| Маршрут №3                  | 575                                | 60                           | 0,26  | 168                            |
| Маршрут №4                  | 880                                | 12                           | 0,29  | 50                             |
| Маршрут №5                  | 880                                | 51                           | -   | -                              |
| 13 марта 2019 г.            |                                    |                              |   |                                |
| Маршрут №1                  | 492                                | 19                           | 0,10  | 23,4                           |
| Маршрут №2                  | 553                                | 51                           | -   | -                              |
| 5 и 9 марта 2020 г.         |                                    |                              |   |                                |
| Маршрут №1                  | 492                                | 41                           | 0,26  | 123,8                          |
| Маршрут №2                  | 553                                | 60                           | 0,23  | 115,2                          |
| 23-24 января 2021 г.        |                                    |                              |   |                                |
| Маршрут №1                  | 492                                | 31                           | 0,12  | 36,5                           |
| Маршрут №2                  | 553                                | 31                           | 0,17  | 53,1                           |
| Маршрут №6                  | 470                                | 32                           | 0,14  | 44,2                           |

В ходе зимних учетов животных фиксируется наличие снежного наста, который оказывает существенное влияние на существование животного мира в зимний период. Его образование происходило от 18 января (2010 г.) до 14 марта (2014 г.) (в среднем 6 февраля).

Первая капель в наблюдаемые годы в Тигиреке отмечалась от 29 января до 1 марта (в среднем 13 февраля). При этом фазы снеготаяния в Тигиреке в среднем начинаются 8 марта, а на Бабьем Ключе – 17 марта.

Первые проталины в лесу появляются от 2 марта до 2 апреля (в среднем 21 марта), а полный сход снежного покрова на открытых участках в Тигиреке от 23 марта до 27 апреля (в среднем 9 апреля). Анализ границы снежного покрова в весенний период 2017 г. по космическим снимкам показал, что поднятие ее по склону зависит от экспозиции макросклона Тигирецкого хребта, экспозиции и уклона локального склона (табл. 4).

На локальных склонах одной экспозиции положение границы почти всегда на 70-90 м выше на южном макросклоне Тигирецкого хребта. На северных локальных склонах северного макросклона положение нижней границы снежного покрова примерно на 110-130 м ниже, чем южных локальных склонах южного макросклона. При этом период между 15 и 23 мая граница несколько быстрее поднималась на северных склонах (примерно на 100 м), чем на южных (примерно на 80 м). На северных склонах граница снега тем ниже, чем больше уклоны поверхности местности. На южных склонах увеличение уклонов поверхности наоборот ведет к повышению нижней границы снежного покрова, что обусловлено поступлением солнечной радиации.

Таблица 4. Положение нижней границы снежного покрова на Тигирецком хребте в мае 2017 г., м над уровнем моря

| Экспозиция макросклона Тигирецкого хребта | Экспозиция локального склона |       |          |           |
|---|------------------------------|-------|----------|-----------|
|   | северная                     | южная | западная | восточная |
| 15 мая 2017 г.                            |                              |       |          |           |
| Северный макросклон                       | 1094                         | 1098  | 1118     | 1096      |
| Южный макросклон                          | 1167                         | 1204  | 1195     | 1205      |
| 23 мая 2017 г.                            |                              |       |          |           |
| Северный макросклон                       | 1194                         | 1197  | 1260     | 1178      |
| Южный макросклон                          | 1192                         | 1325  | 1325     | 1254      |

Последние снегопады в наблюдаемый период отмечены от 12 апреля до 24 мая (в среднем 9 мая).

**Ледовый покров.** Первые забереги на р. Иня вблизи кордона Тигирек появляются в среднем 14 ноября (от 30 октября в 2016 г. до 30 ноября в 2017 году). К январю месяцу (2021 г.) толщина льда на Ине достигает 90 см. Однако по поперечному профилю русла она варьирует над водой в пределах 70-90 см. При этом ближе к берегу может образовываться ледсушенец или лед, который лежит на грунте, что связано с тем, что на реке в течение зимы уже после ледостава понижается уровень воды. На р. М. Тигирек толщина льда (январь 2021 г.) составляет 20-32 см. По линии Воскресенского канала вблизи вала Тигирецкого форпоста часто образуется наледь.

Первые промоины на р. Иня появляются от 4 февраля до 20 марта (в среднем 1 марта). Данные о начале ледохода имеются по р. Иня всего за 4 года. За этот период он начинался от 26 марта до 4 апреля (в среднем 31 марта). Полностью река очищается ото льда от 16 марта до 5 мая (в среднем 9 апреля).

## Выводы

Несмотря на фрагментарность сведений о нивально-гляциальных явлениях в Тигирекском государственном заповеднике, данная информация способствует более полному пониманию сезонной динамики местных ландшафтов. В дальнейшем данные результаты могут использоваться для оценки других природных процессов исследуемой территории (поверхностного стока, миграции копытных животных и т.д.) и ее значимости в предоставлении экологических услуг. Развитие современной приборной базы дает возможность усовершенствовать наблюдения за нивально-гляциальными явлениями за счет их расширения, снижения трудоемкости и пр. Совмещение дистанционных, наземных наблюдений и расчетных методов позволит получить дополнительные сведения о водозапасах снежного покрова, динамике лавинных процессов и ледового покрова рек.

*Исследование выполнено в рамках Программы экологического мониторинга Тигирекского государственного заповедника и государственного задания ИВЭП СО РАН «Природные и природно-хозяйственные системы Сибири в условиях современных вызовов: диагностика состояний, адаптивные возможности, потенциал экосистемных услуг» (№ 0306-2021-0007).*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В.Р. Наледи. – Новосибирск: Наука, 1987. – 256 с.
2. Быков Н.И. Растительные индикаторы наледных процессов на Алтае // География и природопользование Сибири. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 1999. – Вып. 3. – С. 61-78.
3. Быков Н.И., Попов Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона (методическое руководство). – Красноярск, 2011. – 64 с.
4. Быков Н.И. Растительность лавиносборов Алтая и возможности фитоиндикации лавинных процессов // География и природопользование Сибири: сборник статей / под ред. проф. Г.Я. Барышникова. – Вып. 15. – Барнаул: изд-во Алт. ун-та, 2013. – С. 23-31.
5. Быков Н.И. Лавиносборы бассейна р. Белой (левый приток р. Чарыш) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2015. – №1(36). – С. 86-90.
6. Быков Н.И., Давыдов Е.А. Снежники и лавиносборы Тигирекского заповедника // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование. Труды Тигирекского заповедника. – 2015. – Вып. 7. – С. 12–19.
7. Быков Н.И., Сабаев А.А., Давыдов Е.А., Бочкарева Е.Н. Метеорологические и фенологические наблюдения в Тигирекском государственном заповеднике // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России: материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической конференции / под ред. Н.М. Семеновой. – Томск: Издательство Томского государственного университета, 2020. – С. 148-151.
8. Быков Н.И., Сабаев А.А., Давыдов Е.А. Годовой ход температуры воздуха у земной поверхности и верхнего слоя почвы в Тигирекском заповеднике // Труды Тигирекского заповедника. – 2020. – Вып. 12. – С. 11-17.
9. Давыдов Е.А., Быков Н.И., Бочкарева Е.Н., Маслова О.М., Давыдова Н.Ю., Мардасова Е.В. Организация экологического мониторинга в Тигирекском заповеднике и некоторые его результаты // Возможности адаптации к климатическим изменениям в Алтае-Саянском экорегионе. – Барнаул, 2011. – С. 122-132.
10. Гляциологический словарь / Ред. В.М. Котляков. – Л.: Гидрометеиздат, 1984.
11. Григорьев А.А. Основы теории физико-географического процесса // Закономерности строения и развития географической среды. – М.: Мысль, 1966. – 382 с.

12. Паллас П.С. Путешествие по разным местам Российского государства по повелению Санкт-Петербургской Императорской Академии наук. Ч. 2. кн. 2; 1770 / пер. с нем. Ф. Томанского. Санкт-Петербург: Императорская Академия наук, 1786.
13. Ревякин В.С., Кравцова В.И. Снежный покров и лавины Алтая. – Томск: Изд-во ТГУ, 1977. – 214 с.
14. Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико-географическом процессе / Труды Ин-та географии АН СССР. – 1948. – Вып. 40. – 171 с.
15. Рихтер Г.Д., Котляков В.М., Нефедьева Е.А. Ландшафтное снеговедение: современное состояние, задачи и перспективы // Материалы гляциологических исследований. – 1974. – Вып. 24. – С. 192-196.
16. Харламова Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула. 2-е изд., перераб. и доп. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 132 с.
17. Ходаков В.Г. Роль снежного покрова в природе ландшафтов Севера и его физические свойства // Известия АН СССР, сер. География. – 1975. – №1. – С.17-26.

## REFERENCES

1. Alekseev V.R. *Naledi* [Frazil]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1987. 256 p.
2. Bykov N.I. Rastitel'nyye indikatory nalednykh protsessov na Altaye [Vegetable indicators of ice processes in Altai]. *Geografiya i prirodopol'zovaniye Sibiri*. Barnaul, Altai State University Publ., 1999. Issue 3. pp. 61-78.
3. Bykov N.I., Popov E.S. *Nablyudeniya za dinamikoyn snezhnogo pokrova v OOPT Altaye-Sayanskogo ekoregiona (metodicheskoye rukovodstvo)* [Observation of the dynamics of snow cover in the protected areas of the Altai-Sayan ecoregion (methodological guide)]. Krasnoyarsk, 2011. 64 p.
4. Bykov N.I. Rastitel'nost' lavinosborov Altaya i vozmozhnosti fitoindikatsii lavinnykh protsessov [Avalanche vegetation in Altai and the possibility of phytoindication of avalanche processes]. *Geografiya i prirodopol'zovaniye Sibiri*. Edited by prof. G.Ya. Baryshnikov. Barnaul, Altai State University Publ., 2013. Issue 15. pp. 23-31.
5. Bykov N.I. Lavinosbory basseyna r. Beloy (levyy pritok r. Charysh) [Avalanches of the river basin White (left tributary of the Charysh River)]. *Izvestiya Altayskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, 2015, no. 1 (36), pp. 86-90.
6. Bykov N.I., Davydov E.A. Lavinosbory Tigireknskogo zapovednika [Snowdrops and avalanches of the Tigirek reserve]. *Gornyye ekosistemy Yuzhnoy Sibiri: izucheniye, okhrana i ratsional'noye prirodopol'zovaniye. Trudy Tigireknskogo zapovednika* [Mountain ecosystems of Southern Siberia: study, protection and rational use of natural resources. Proceedings of the Tigirek Reserve], 2015. Issue 7. pp. 12-19.
7. Bykov N.I., Sabaev A.A., Davydov E.A., Bochkareva E.N. Meteorologicheskiye i fenologicheskiye nablyudeniya v Tigirekском gosudarstvennom zapovednike [Meteorological and phenological observations in the Tigirek state reserve]. *Prirodopol'zovaniye i okhrana prirody: Okhrana pamyatnikov prirody, biologicheskogo i landshaftnogo raznoobraziya Tomskogo Priob'ya i drugikh regionov Rossii: materialy IX Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Nature management and nature protection: Protection of natural monuments, biological and landscape diversity of the Tomsk Ob region and other regions of Russia: materials of the IX All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Edited by N.M. Semenova. Tomsk, Tomsk State University Publ., 2020. pp. 148-151.
8. Bykov N.I., Sabaev A.A., Davydov E.A. Godovoy khod temperatury vozdukha u zemnoy poverkhnosti i verkhnego sloya pochvy v Tigirekском zapovednike [Annual variation of air temperature near the earth's surface and the upper soil layer in the Tigirek reserve]. *Trudy Tigireknskogo zapovednika*. Barnaul, 2020. Issue 12. pp. 11-17.
9. Davydov E.A., Bykov N.I., Bochkareva E.N., Maslova O.M., Davydova N.Yu., Mardasova E.V. Organizatsiya ekologicheskogo monitoringa v Tigirekском zapovednike i nekotoryye yego



rezul'taty [Organization of ecological monitoring in the Tigirek reserve and some of its results]. *Vozможности adaptatsii k klimaticheskim izmeneniyam v Altaye-Sayanskom ekoregione* [Opportunities adaptation to climatic changes in the Altai-Sayan ecoregion]. Barnaul, 2011. pp. 122-132.

10. *Glyatsiologicheskiiy slovar'* [Glaciological Dictionary]. Edited by V.M. Kotlyakov. Leningrad, Hydrometeoizdat Publ., 1984. 528 p.

11. Grigoriev A.A. Osnovy teorii fiziko-geograficheskogo protsessa [Fundamentals of the theory of physical-geographical process]. In: *Zakonomernosti stroeniya i razvitiya geograficheskoy sredy* [Regularities of the structure and development of the geographical environment]. Moscow, Mysl Publ., 1966. 382 p.

12. Pallas P.S. *Puteshestviye po raznym mestam Rossiyskogo gosudarstva po poveleniyu Sankt-Peterburgskoy Imperatorskoy Akademii nauk* [Travel to different places of the Russian state at the behest of the St. Petersburg Imperial Academy of Sciences]. Part 2. book 2; 1770 / Translation from german F. Tomansky. St. Petersburg, the Imperial Academy of Sciences Publ., 1786.

13. Revyakin V.S., Kravtsova V.I. *Snezhnyy pokrov i laviny Altaya* [Snow cover and avalanches in Altai]. Tomsk, TSU Publ., 1977. 214 p.

14. Richter G.D. Rol' snezhnogo pokrova v fiziko-geograficheskom protsesse [The role of snow cover in the physical-geographical process]. *Trudy Instituta geografii AN SSSR*, 1948, issue 40, 171 p.

15. Richter G.D., Kotlyakov V.M., Nefedieva E.A. Landshaftnoye snegovedeniye: sovremennoye sostoyaniye, zadachi i perspektivy [Landscape snow science: current state, tasks and prospects]. *Materialy glyatsiologicheskikh issledovaniy*, 1974, issue 24, pp. 192-196.

16. Kharlamova N.F. *Klimat i sezonnaya ritmika prirody Barnaula* [Climate and seasonal rhythm of the nature of Barnaul]. 2nd ed., Rev. and add. Barnaul, Altai State University Publ., 2013. 132 p.

17. Khodakov V.G. Rol' snezhnogo pokrova v prirode landshaftov Severa i yego fizicheskiye svoystva [The role of snow cover in the nature of the landscapes of the North and its physical properties]. *Izvestiya AN SSSR, Seriya Geografiya*, 1975, no. 1, pp. 17-26.

#### **Информация об авторах:**

Быков Николай Иванович, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1. E-mail: [nikolai\\_bykov@mail.ru](mailto:nikolai_bykov@mail.ru)

Nikolay I. Bykov, Cand. Sc., associate professor, Senior Researcher, Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia. E-mail: [nikolai\\_bykov@mail.ru](mailto:nikolai_bykov@mail.ru)

Сабаев Артем Александрович, аспирант, Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1. E-mail: [artsabaev@outlook.com](mailto:artsabaev@outlook.com)

Artem A. Sabaev, graduate student, Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia. E-mail: [artsabaev@outlook.com](mailto:artsabaev@outlook.com)

Давыдов Евгений Александрович, кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе, Тигирекский государственный заповедник, 656043, г. Барнаул, ул. Никитина, 111. E-mail: [eadavydov@yandex.ru](mailto:eadavydov@yandex.ru)

Eugeny A. Davydov, Cand. Sc., Deputy Director for Research State nature reserve «Tigirek-skiy», 111, Nikitina st., Barnaul, 656043, Russia. E-mail: [eadavydov@yandex.ru](mailto:eadavydov@yandex.ru)

Касуров Дмитрий Алексеевич, аспирант, Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, 1. E-mail: [dkasurov@mail.ru](mailto:dkasurov@mail.ru)

Dmitry A. Kasurov, graduate student, Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, 1, Molodezhnaya st., Barnaul, 656038, Russia. E-mail: [dkasurov@mail.ru](mailto:dkasurov@mail.ru)