

**В.Т. Дмитриева,
А.Т. Напрасников**

Определение параметров снежного покрова на неизученных территориях Байкало-Монгольского региона

В статье осуществлен анализ возможного определения высот снежного покрова на неизученных и труднодоступных территориях по известным географо-климатическим параметрам. Задача решалась не только через поиск одиночной информации об организации снежного покрова на определенной географической точке, но и через изучение данной точки в статистически насыщенных комплексах природных систем, состоящих из известных элементов, а также частот их проявления. Выявлено фрактальное сходство между высотами снежного покрова и более изученными географо-климатическими параметрами.

Ключевые слова: Байкало-Монгольский регион; снежный покров; географо-климатическое состояние; корреляция; фрактальное сходство.

Введение. Байкало-Монгольский регион включает Прибайкалье, Забайкалье, Монголию и часть смежных территорий, которые обладают определенным сходством. Это континентальный центр Азии, где взаимодействуют воздушные массы с Атлантического и Тихого, Северного Ледовитого и Индийского океанов. В нем имеется единый географический исток рек Сибири.

Природа Байкало-Монгольского региона характеризуется двойственным сочетанием ландшафтов. Здесь соседствуют переувлажненная тайга и сухие степи, холодные и теплые природные системы. Южные степи далеко проникают в глубь горно-таежных ландшафтов по долинам рек на север, и по склонам хребтов — к водоразделам. На склонах северной ориентации формируется повышенное увлажнение, на южных — пониженное.

Этнические формации и их хозяйственная деятельность сформировали исторический перекресток движения народов и распространения отдельных

видов растительности по Великой Евразийской степи и горному транзитному пути от Индийского к Северному Ледовитому океану. Эти природные, хозяйственные и этнические рубежи разделили Центральную Азию на самостоятельные районы и вместе с этим объединили ее в единый регион с характерной внутриконтинентальной спецификой [6]. Природно-хозяйственная дифференциация региона сформировала пространственную организацию снежного покрова и определила его структуру.

Географическая функция снежного покрова охватывает факторы, формирующие снежный покров и влияющие на окружающую среду. Под функцией понимается интегральная система природных явлений, формирующих снег как единый объект, и хозяйственно-географических факторов, образующих его в пространственно-временных масштабах.

Проблемы изучения снежного покрова и пути их решения. Снежный покров слабо изучен в Байкало-Монгольском регионе. Из 640-ка метеорологических станций параметры снега измеряются на 137-ми. Познание его пространственных функций на топологическом уровне возможно при решении ряда теоретических проблем географии снега в аспекте географической организации. Подобный подход включает изучение самого объекта, ландшафтное познание пространственной динамики снега, поиск связей между составляющими ландшафта и снежного покрова, поиск корреляции высот снега с более изученными климатическими параметрами [4–5].

Познание природной динамики снежного покрова в период глобального потепления и поиск путей прогноза его влияния на хозяйственную деятельность, на формирование самого снега и усовершенствование пространственного картирования всех составляющих снежного покрова, особенно в горных системах, является важной хозяйственной задачей.

В этой связи основной принцип изучения снежного покрова характеризуется поиском общих его пространственно-временных характеристик, обеспечивающих получение информации в слабо изученных и труднодоступных территориях. Подобный подход системный. Он охватывает земное пространство планеты, в котором все местоположения любой размерности взаимообусловлены. Следует отметить, что изучение усложнено глобальным потеплением климата. Начали изменяться элементы и структуры ландшафтов. Трансформировались прежние свойства и режимы снежного покрова. Возникла настоятельная необходимость знать количественные и математические закономерности данной трансформации, осуществлять поиск точек отсчета их базовых значений. Такими оказались суммы твердых осадков холодного периода за октябрь – март и зависимые от них средние из наибольших высот снега, представленных в многочисленных справочниках издания до 1968 года [7–8]. Эти данные являлись базовой информацией до периода интенсивного глобального повышения температур, относительно которых и определялись последующие изменения параметров снега.

Для решения поставленной задачи использовалась климатическая информация изданных справочников и данные по Забайкальскому краю за 1951–2010 годы, а по Монголии — за 1976–2010 годы, предоставленные соответствующими гидрометеослужбами. По ним определялись многочисленные региональные корреляции между твердыми осадками разных периодов. Их региональные изменения оказались практически равными, что позволило в дальнейших расчетах использовать значения, характерные для Забайкальского края, и применять их в пределах всего Байкало-Монгольского региона [1–3]. Однако в процессе изучения выяснилось, что не все математические тренды однозначно отражают их прогнозную экстраполяцию. Значимые различия в математических расчетах отмечены в пределах 250–300 мм сумм осадков холодного периода. Подобные несоответствия поставили под сомнение возможность надежно употреблять экстраполяционную информацию. Потребовались дополнительные доказательства правомерности использования математических приемов.

Критерии математических связей высоты снежного покрова с осадками холодного периода. Выяснилось, что рассчитанные величины сумм осадков за октябрь – март периода потепления климата по полиномиальным и логарифмическим корреляциям для каждого в отдельности района показали хорошую числовую сходимости в пределах 25–225 мм. Однако полиномиальный тренд на нисходящей ветви при базовых осадках более 300 мм существенно занижает расчетные зимние осадки периода потепления климата, а при 500 мм даже относит их в отрицательную область. Логарифмический тренд, наоборот, отражает в данном интервале их постоянный рост, но рассчитанные логарифмические данные при зимних осадках менее 25 мм также резко уходят в отрицательную область. Поэтому наиболее целесообразным оказалось принять за основу расчеты сумм осадков холодного периода по полиномиальной корреляции, а при осадках выше 300 мм расчеты осуществлять по логарифмической связи. Насколько это правомерно, покажет последующий сравнительный анализ.

По корреляциям рисунка 1 были определены осадки за 1951–2010 период по 500-м метеорологическим станциям, на которых отсутствовала информация по снежному покрову, т. е. такая информация не была представлена в базовых справочниках. При этом из 960-ти метеорологических станций Байкальского региона, Монголии и юга Красноярского края, в основном отражающих климатическую ситуацию практически всей Центральной Азии, лишь на 16 из них были внесены логарифмические поправки. Эта локальная информация представлена измеренными суммами осадков холодного периода из справочников (первая цифра) и расчетными значениями за 1951–2010 годы (вторая цифра), определенными через базовые данные по уравнениям рисунка 1 на следующих метеорологических станциях: Воронцовка (365 и 151,9 мм); Половина (278 и 137,1 мм); Хамар-Дабан (320 и 144,8 мм); Даван (542 и 173,4 мм);

Гоуджокит (327 и 145,9 мм); Выдрино (393 и 150,1 мм); Снежная (459 и 164,4 мм); Переемная (315 и 143,9 мм); Уляты (426 и 160,3 мм); Верх. Амын (462 и 165,7 мм); Кулумыс (514 и 170,5 мм); Малая Оя (546 и 173,8 мм); Оленья речка (597 и 178,6 мм); Буйба, полустанок (489 и 167,8 мм); Буйба, станция (360 и 151 мм); Турочан (354 и 150,3 мм). Таким образом, были восстановлены высоты снега по 500 метеорологическим станциям Байкало-Монгольского региона, на которых измерялись лишь зимние осадки до глобального потепления.

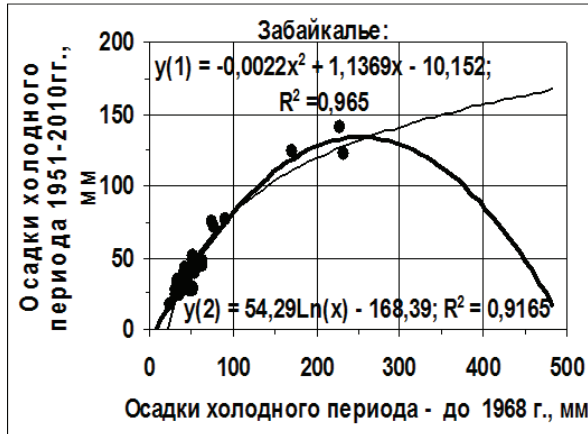


Рис. 1. Изменение средних многолетних сумм осадков холодного периода (октябрь – март за 1951–2010 гг.) относительно осадков, определенных до 1968 г. Тренды представлены полиномиальными и логарифмическими корреляциями

Осуществленная полиномиальная и логарифмическая реконструкция всего ряда осадков холодного периода 1951–2010 годов была увеличена до 960-ти значений и позволила представить его в единой статистической совокупности и дать возможность оценить связь с измеренными суммами осадков холодного периода до 1968 года. Однако и этот прием не отразил единой математической закономерности, т. е. не выявил однозначной согласованности между ними. Видимо, суммы осадков холодного периода более 300 мм характерны для территорий с высокими отметками местности и наветренных склонов, дополнительно обогащаемых испаряющимися водами рек и озер. Этим и создается статистическая неоднородность их территориального распределения и отсутствие единой пространственной корреляции, характерной для большинства метеостанций на равнинных территориях. Поэтому был принят за основу расчетов проанализированный корреляционный метод последовательного восстановления исходной информации. Таким образом, появилась возможность определять высоту снежного покрова в последующие времена по информации осадков холодного периода до интенсивного повышения температур.

Формы распределения параметров снежного покрова. Из вышеприведенных материалов следует заключение, что снежный покров формируется

под влиянием множества факторов, ряд которых не связаны между собой. Высоты твердых атмосферных осадков в виде снега имеют единую корреляцию с его количеством, а в ряде случаев зависят от рельефа местности и ветра. Если данные всех метеорологических станций (около 960) Байкальского региона, Монголии и смежных территорий по суммам осадков холодного периода (месяцы октябрь – март) и соответствующие им измеренные высоты снега представить единым графиком, то выявятся две статистические формы их взаимодействия (рис. 2). Первая из них ($y1$), вероятнее всего, отражает общегеографическую согласованность между суммой твердых осадков и высотами снега без каких либо существенных внешних воздействий, а вторая ($y2$) — является остатком высот снега после метелевого переноса.

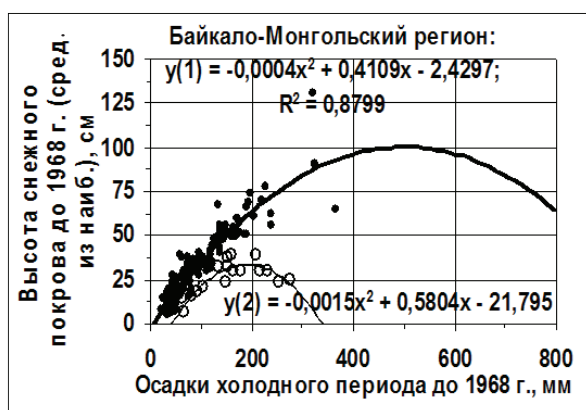


Рис. 2. Залегание снега в условиях естественных внешних воздействий ($y1$) и после метелевого переноса ($y2$)

Оказалось, что из 960-ти данных метеорологических станций только на 16-ти отмечено пониженное снегонакопление. Оно, как остаток метелевого переноса, определялось разницей между расчетной, по уравнению ($y1$), и измеренной величинами. К таким относятся станции со следующей информацией: сумма осадков холодного периода в мм, измеренные высоты снега в см и процент унесенного снега метелевым переносом. Это станции: Чечуйск (210 мм, 39 см, 8,2 %); Марков (152 мм, 37 см, 27,2 %); Нижнеилимск (134 мм, 32 см, 29,5 %); Березовый (152 мм, 32 см, 37,6 %); Чама (161 мм, 38 см, 28,3 %); Тайшет (164 мм, 30 см, 44,6 %); Покойники (106 мм, 20 см, 44,5 %); Алыгджер (93 мм, 18 см, 44,3 %); Половина (278 мм, 25 см, 69,4 %); Горячинск (232 мм, 30 см, 65,2 %); Бабушкин (216 мм, 30 см, 55,2 %); Паспаул (255 мм, 23 см, 69,7 %); Кабанск (148 мм, 23 см, 53,1 %); Хилок (83 мм, 16 см, 4,3 %); Петровский Завод (65 мм, 14 см, 36,4 %); Кайластуй (69 мм, 7 см, 70,8 %).

Таким образом, меньше чем на 2 % станций Байкальского региона имеет место существенный снос снежного покрова. Можно предположить, что на его

пространственную динамику влияет не только ветер, но и особенности микро-рельефа, частота небольших понижений и повышений как инвариантных свойств микро-рельефа региона, в пределах которого ветер выравнивает пространственное снегонакопление. Эти факторы достигают максимального эффекта при росте сумм осадков холодного периода до 200 мм (корреляция y_2 , рис. 2). Поэтому можно с определенной надежностью пользоваться для расчетов высот снега формулой (y_1) (рис. 1), отражающей пространственное однообразие снегонакопления на большей части Байкало-Монгольского региона.

Можно сравнить зависимости высот снежного покрова по данным метеорологических станций, на которых синхронно представлены 260 измеренных значений сумм осадков холодного периода (корреляция y_1 , рис. 2) и значения всего спектра (960 величин) осадков холодного периода и соответствующие им высоты снежного покрова, представленные измеренными и рассчитанными значениями (рис. 3). Выявляется важная особенность — уравнения регрессии на рисунках 2 и 3 практически подобны, а расчетные величины по ним, в своем большинстве, численно равны.

Этот факт подтверждает, что прием замещения полиномиальных расчетных данных логарифмическими оказался правомерным. Выявились изменения высот снежного покрова за период потепления по сравнению с базовыми, до повышения температур (рис. 4). Согласно корреляции (рис. 3) базовые данные высот снежного покрова в 30, 60, 90 и 120 см снизились в период потепления 1951–2010 годов соответственно до 25, 42, 49 и 44 см, т. е. уменьшились в 2–4 раза.

Если учесть, что высоты снежного покрова с повышением местности до потепления увеличивались, а в период потепления начали снижаться, то, следовательно, лавинная опасность значительно ослабла.

Заключение. Особенность современного анализа пространственно-временных явлений снежного покрова выражается в том, что подобный анализ невозможно провести с помощью устоявшихся классических приемов и простейших экспериментальных подходов. Они консервативны и не учитывают системности, масштабности, проявлений общности и региональности различий в пространственно-временных изменениях.

В данной работе на основе новых методических подходов подтверждено неравномерное пространственно-временное залегание снежного покрова в Байкало-Монгольском регионе и выявлены корреляции между составляющими снега в периоды за 1951–2010 и 1976–2010 годы. Сравнение трех периодов — до 1968 года, 1951–2010 и 1976–2010 годов показало, что на участках с высоким залеганием снега его значения во время потепления существенно уменьшились.

Поскольку пространственно-высотное разнообразие не обеспечивается полной исходной информацией, изменения параметров снежного покрова анализировались в пределах больших территорий, обладающих достаточной информативностью.



Рис. 3. Изменение высоты снежного покрова (средней из наибольших) с осадками холодного периода

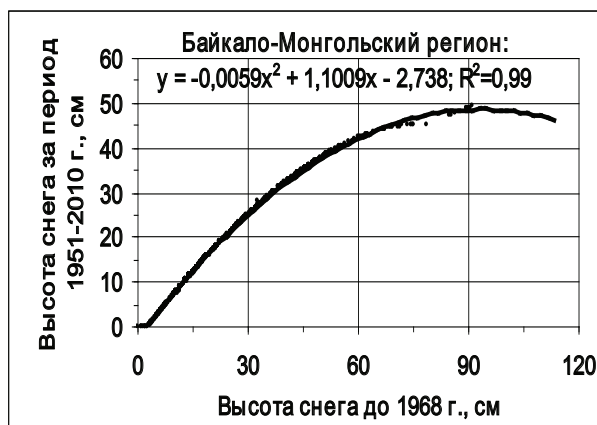


Рис. 4. Изменение высот снежного покрова за 1951–2010 гг. в период потепления по сравнению с периодом до 1968 г.

Работа, выполненная в научно-методическом аспекте, имеет и практическую направленность. Обеспеченность статистически достоверной информацией о снежном покрове разных топологических уровней является ключом к оценке устойчивости и безопасности геосистем, особенно в горных природных комплексах.

Литература

1. Атлас «Забайкалье». Иркутск: ГУГК, 1967. 176 с.
2. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: ИГ РАН, 1997. 392 с.
3. География лавин. М.: МГУ, 1992. 332 с.
4. *Напрасников А.Т., Плюснин В.М.* Снежный покров Континентальной Азии: его роль в формировании климатических характеристик и экологического состояния

природной среды // Экология северных территорий: мат-лы международного конгресса. Новосибирск: Офсет, 2012. С. 33–37.

5. *Дмитриева В.Т., Напрасников А.Т.* Пространственно-временное формирование снежного покрова Байкало-Монгольского региона // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2013. № 2 (12). С. 16–27.

6. Предбайкалье и Забайкалье. Новосибирск: Наука, 1965. 492 с.

7. Справочник по климату СССР. Вып. 22: Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 279 с.

8. Справочник по климату СССР. Вып. 23: Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 328 с.

Literatura

1. Atlas «Zabajkal'e». Irkutsk: GUGK, 1967. 176 s.

2. Atlas snezhno-ledovy'x resursov mira. M.: IG RAN, 1997. 392 s.

3. Geografiya lavin. M.: MGU, 1992. 332 s.

4. *Naprasnikov A.T., Plyusnin V.M.* Snezhny'j pokrov Kontinental'noj Azii: ego rol' v formirovanii klimaticheskix charakteristik i e'kologicheskogo sostoyaniya prirodnoj sredy' // E'kologiya severny'x territorij: mat-ly' mezhdunarodnogo kongressa. Novosibirsk: Ofset, 2012. S. 33–37.

5. *Dmitrieva V.T., Naprasnikov A.T.* Prostranstvenno-vremennoe formirovanie snezhnogo pokrova Bajkalo-Mongol'skogo regiona // Vestnik MGPU. Seriya «Estestvenny'e nauki». 2013. № 2 (12). S. 16–27.

6. Predbajkal'e i Zabajkal'e. Novosibirsk: Nauka, 1965. 492 s.

7. Spravochnik po klimatu SSSR. Vy'p. 22: Vlazhnost' vozduxa, atmosfery'e osadki, snezhny'j pokrov. L.: Gidrometeoizdat, 1968. 279 s.

8. Spravochnik po klimatu SSSR. Vy'p. 23: Vlazhnost' vozduxa, atmosfery'e osadki, snezhny'j pokrov. L.: Gidrometeoizdat, 1968. 328 s.

*V.T. Dmitrieva,
A.T. Naprasnikov*

Determination of Parameters of Snow Cover on Unexplored Territories of the Baikal-Mongolian Region

In the article an analysis is carried out of the possible determination of the depth of snow cover on unexplored territories and territories difficult of access from the known geographical and climatic parameters. The purpose of this study was determined not only by search for single information on the organization of snow cover by means of the geographical point, but also by studying it in statistically saturated complexes of natural systems consisting of the known elements as well as the frequencies of their manifestation. A correlational search for a fractal similarity between depths of snow cover and better studied geographical and climatic parameters is carried out.

Keywords: Baikal-Mongolian region; snow cover; geographical and climatic state; correlation; fractal similarity.