

Пространственная и временная изменчивость толщины и плотности снежного покрова на территории России

© 2014 г. Н.И. Осокин, А.В. Сосновский

Институт географии РАН, Москва
alexandr_sosnovskiy@mail.ru

Spatial and temporal variability of depth and density of the snow cover in Russia

N.I. Osokin, A.V. Sosnovsky
Institute of Geography RAS, Moscow

Статья принята к печати 21 июля 2014 г.

*Толщина снежного покрова, плотность, пространственная и временная изменчивость.
Density, snow cover depth, spatial and temporal variability.*

По данным маршрутных снегосъёмок установлена пространственная и временная изменчивость толщины и плотности снежного покрова на территории России с 2001 по 2010 г. Построены карты распределения средней толщины и плотности снежного покрова на территории России в ноябре, январе и марте. Сравнение с периодом 1966–2000 гг. показало, что в последние годы в ноябре толщина снежного покрова стала меньше на 40% на северо-востоке Европейской территории России, в центральных районах Западной Сибири, а также на северо-востоке Сибири. Анализ максимальной толщины снежного покрова за эти периоды показывает рост толщины снежного покрова на 40% на севере Тюменской области, в ряде районов юга Европейской территории России и в Западной Сибири. Вместе с тем на севере Якутии и в районах восточнее р. Лена, а также в центральных районах Западной Сибири максимальная толщина снега снизилась на 15%. Рост максимальной плотности снежного покрова в 2001–2010 гг. относительно 1966–2000 гг. не превышает 6%. Значительное снижение этого параметра (до 20%) характерно для верхнего течения р. Лена и районов восточнее р. Индигирка.

Spatial and temporal variability of snow density and depth was studied from data obtained in 2001–2010 by means of snow survey routes on the Russia's territory. Maps of distribution of the snow cover depth and density have been constructed for months November, January, and March. It was found that recently in November the snow cover depth decreased on the north-east of the European part of the territory, in central regions of the West Siberia, and on the north-east of Siberia. Maximal density of snow increased during this period up to 6%.

Введение

Потепление климата изменяет термический режим грунтов [6, 15], который связан как с изменениями температур, так и с толщиной снежного покрова [4, 5, 7]. В работе [12] отмечается, что на Восточно-Европейской равнине на температуру почв и грунтов главным образом влияет температура воздуха, тогда как в Сибири – толщина снежного покрова. Многие авторы исследовали толщину снежного покрова. Так, в работе [13] рассмотрено отклонение среднего месячного значения толщины снежного покрова за 1991–2005 гг. от нормы за 1961–1990 гг.; отмечается, что наибольший рост толщины снежного покрова характерен для восточной части Европейской территории России (ЕТР), Западной и Восточной Сибири, Приморья и Камчатки. Незначительные отрицательные аномалии наблюдаются на небольших участках в западной части ЕТР, Забайкалье, в верховье Лены и на Чукотке.

Согласно данным исследования [2], положительный тренд толщины снежного покрова за 1986–1995 гг. составил 0,4 см/год для Европейской равнины и 1,4 см/год для Западной Сибири. Статистический анализ характеристик снежного покрова в Северной Евразии в базовый период

(1951–1980 гг.) и в период современного потепления (1989–2006 г.) даётся в работе [14]. Максимумы снеготолщин отмечаются на Восточно-Европейской равнине – в Предуралье и в бассейне р. Мезень, а минимумы – в Забайкалье и на юге Восточно-Европейской равнины. Наибольшая аккумуляция снега на севере Европы характерна для низовьев Печоры. В континентальной части Северной Евразии максимальная толщина снега – в среднем течении Енисея.

В последние десятилетия наиболее значительный рост толщины снега происходит на востоке ЕТР и в Западной Сибири. Очаги снижения толщины снежного покрова приурочены к низовьям Лены (до 12 см), северу Амурской области, югу Якутии (до 13 см) и юго-востоку Западной Сибири. Анализ динамики изменения толщины снежного покрова в отдельные месяцы показал [1], что многолетняя тенденция роста снеготолщин для Северной Евразии определяется увеличением прироста месячных снеготолщин января на Восточно-Европейской равнине и приростом снеготолщин в декабре для севера Восточной Сибири.

Глубина промерзания грунта в значительной степени зависит не только от изменения толщ-

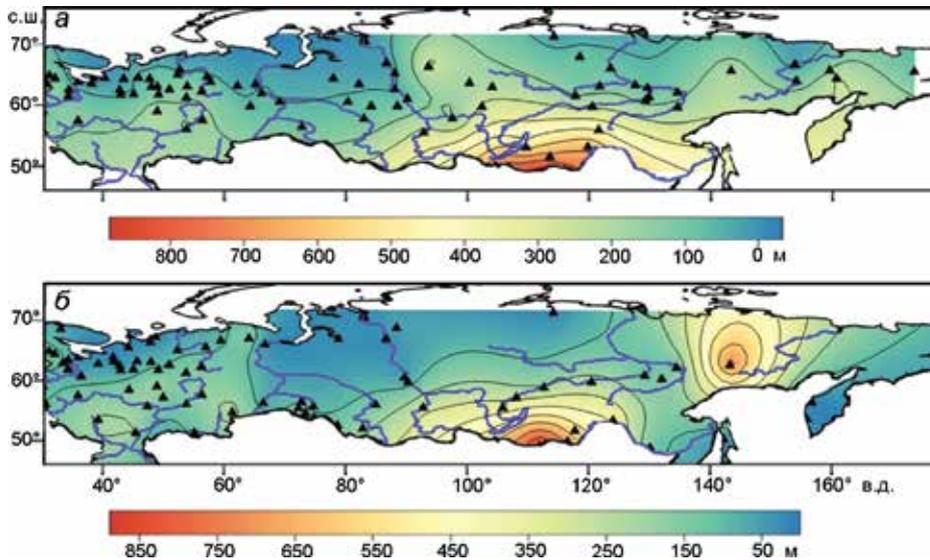


Рис. 1. Места расположения метеостанций с маршрутными снегосъёмками в лесу (а) и поле (б) и их высота над уровнем моря
Fig. 1. The locations of the weather stations with measurements of snow cover depth on routes in the forest (а) and in the field (б) and their altitude above sea level

ны снежного покрова, но и от внутригодовой динамики метеопараметров, в частности от динамики снегонакопления в первой половине холодного периода. Так, снежный покров небольшой толщины в начале зимы и низкие температуры воздуха в этот период способствуют быстрому промерзанию грунта [10]. Поэтому так важна характеристика толщины снежного покрова в ноябре–декабре, когда в основном и промерзает сезонно-талый слой. В Центральной Якутии на фоне значительного повышения средней годовой температуры воздуха с 1975 по 2000 г. толщина снежного покрова уменьшилась, что существенно повысило устойчивость криолитозоны к потеплению климата [11].

Влияние климата, безусловно, способствует изменению характеристик снежного покрова, в том числе параметров, определяющих его теплоизоляционные свойства, т.е. толщины, плотности и стратиграфии снежного покрова [8, 9]. Первые два параметра измеряются на метеостанциях при маршрутных снегомерных работах. Задачи нашей работы – оценить современное состояние снежного покрова за 2001–2010 гг., а также проанализировать изменчивость максимальных и месячных значений толщины и плотности снежного покрова на территории России относительно их значений в 1966–2000 гг.

Пространственно-временная изменчивость толщины снежного покрова

Как известно, теплоизоляционные свойства снежного покрова, определяющие теплофизическое состояние почв и грунтов, зависят от толщины снежного покрова и его плотности [3]. Плотность снега определяется метеорологическими

условиями и толщиной снежного покрова, которая характеризуется пространственно-временной изменчивостью. При анализе современного состояния и изменчивости параметров снежного покрова рассматривались их максимальные значения, а также средние месячные значения за ноябрь, январь и март. Эти значения рассчитывались за 1966–2000 и 2001–2010 гг. При анализе климатических изменений использовались данные ВНИИГМИ-МЦД (<http://www.meteo.ru>). В основном брали данные метеостанций, расположенных на равнинах, где вместе с измерением толщины снежного покрова на метеоплощадке были проведены маршрутные снегосъёмки. Выбрано 77 метеостанций со снегосъёмкой в лесу (рис. 1, а) и 83 метеостанции со снегосъёмкой в поле (см. рис. 1, б). После исключения из общего числа 24 метеостанций, где выполнялись снегосъёмки как в лесу, так и в поле, для анализа изменчивости толщины и плотности снежного покрова осталось 112 метеостанций (рис. 2, а).

На рис. 2 приведены максимальные и средние месячные значения толщины снежного покрова по данным маршрутных снегосъёмок за период 2001–2010 гг. Наибольшая толщина снежного покрова в *ноябре* (до 55 см) приурочена к бассейнам среднего и нижнего течения рек Енисей и Лена, а наименьшая – до 10% – к районам Забайкалья, а также южным районам ЕТР и Западной Сибири (см. рис. 2, а). На севере ЕТР в *ноябре* толщина снега достигает 25 см, хотя в центральных районах она не превышает 10 см. Сравнение ноябрьской средней толщины снежного покрова в 2001–2010 и 1966–2000 гг. показало значительное уменьшение

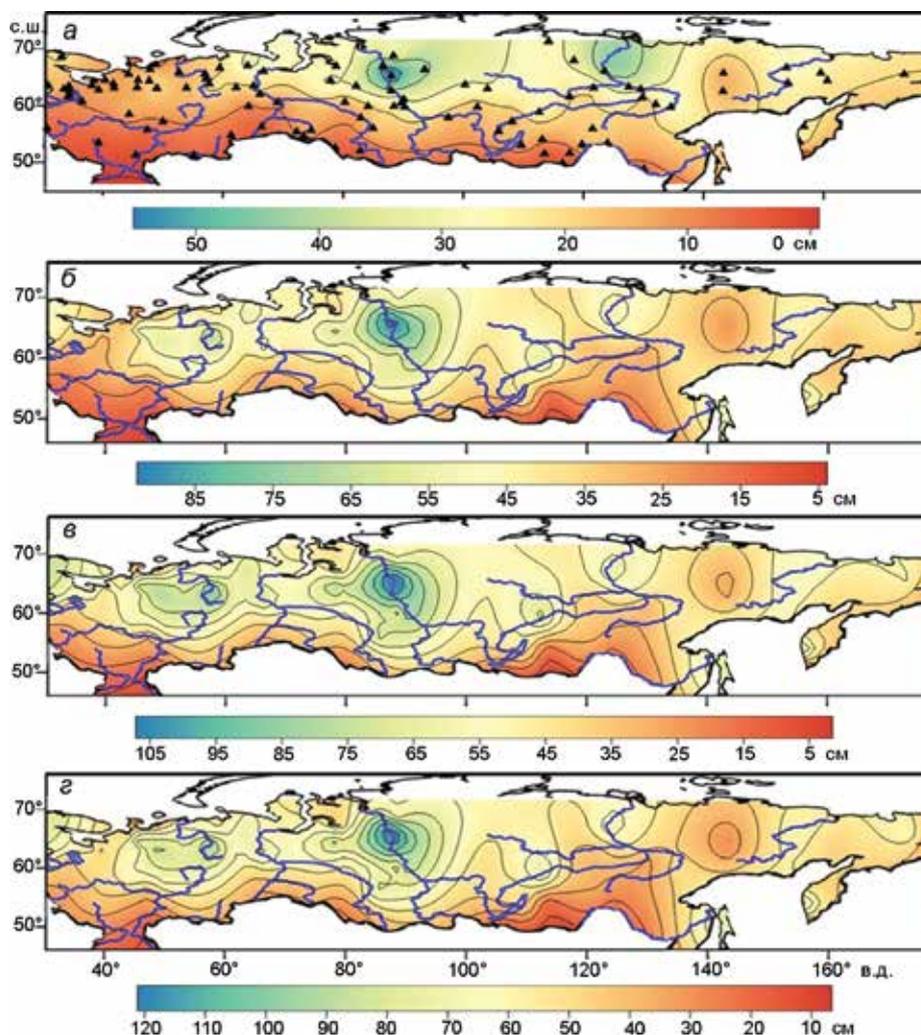


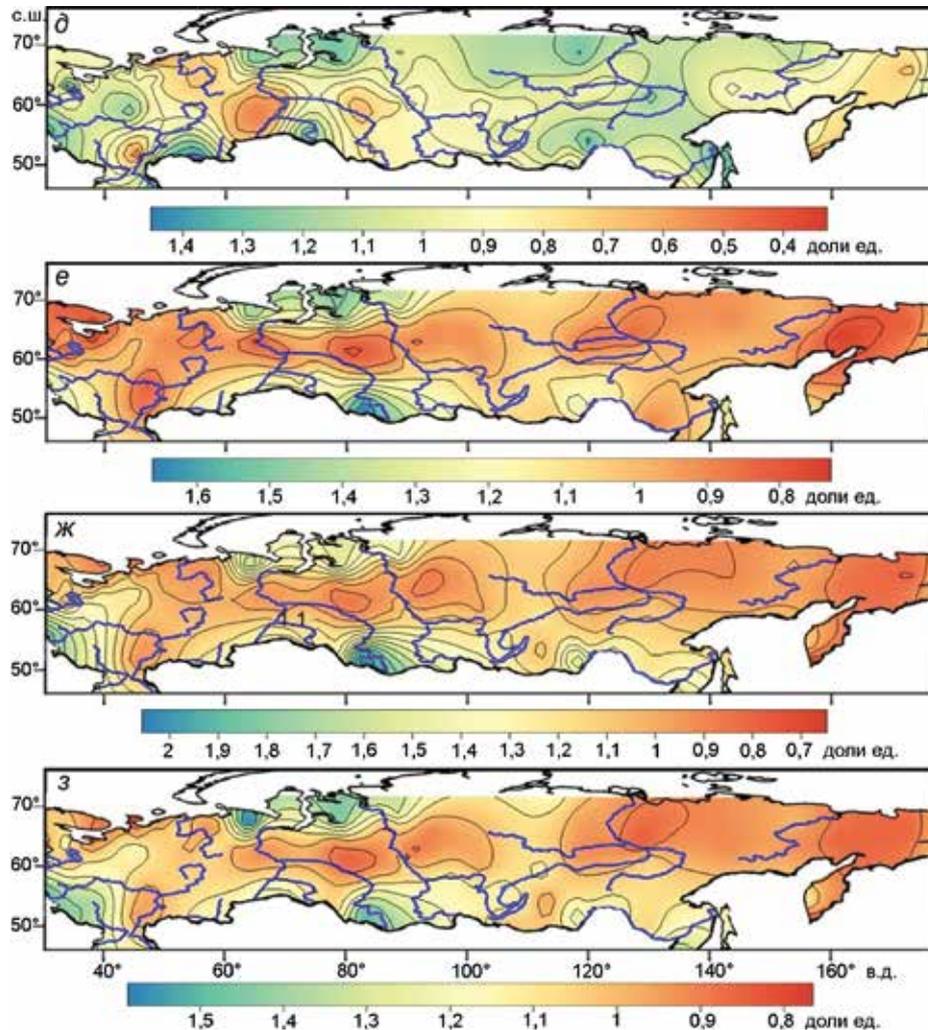
Рис. 2, а–з. Пространственная и временная изменчивость толщины снежного покрова на территории России. Средние значения толщины снежного покрова в 2001–2010 гг.: а – ноябрь; б – январь; в – март; г – максимальные значения; изменение толщины снежного покрова в 2001–2010 гг. относительно 1966–2000 гг.: д – ноябрь; е – январь; ж – март; з – максимальные значения; треугольник – места расположения метеостанций с данными маршрутных снегосъёмки толщины снежного покрова (а)

Fig. 2. The spatial and temporal variability of the snow depth on the Russian. Average values of snow depth in 2001–2010, months: а – November; б – January; в – March; г – maximum values; changes of snow depth in 2001–2010 relative to 1966–2000 in months: д – November; е – January; ж – March; з – maximum values; triangle – the location of weather stations with measurements of snow depth on routes (а)

толщины снега (до 40%) на северо-востоке ЕТР (бассейн р. Печора), в центральных районах Западной Сибири и на северо-востоке Сибири. Менее значительное снижение толщины (на 10–20%) отмечается в восточных районах ЕТР. При этом толщина покрова на севере Красноярского края и в Тюменской области возросла на 20–30%, а на востоке Якутии – на 10% (см. рис. 2, д).

В январе толщина снежного покрова на севере России увеличилась на 70–100% по сравнению с ноябрём и достигла 90 см в среднем и нижнем течении р. Енисей. Рост толщины снежного покрова

на 150–200% произошёл на севере и в центральной части ЕТР (см. рис. 2, б). Сравнение толщины снежного покрова в январе 2001–2010 и 1966–2000 гг. (см. рис. 2, е) показало, что наибольшее снижение толщины снежного покрова (10–20%) отмечается в Мурманской области, Республике Карелия, в междуречье среднего течения рек Обь и Енисей, в бассейне среднего и нижнего течения р. Лена, восточнее р. Индигирка. В январе на севере Сибири, восточнее р. Лена, толщина снежного покрова снизилась на 5–10%, тогда как на юге Сибири она увеличилась на 5–15%. На севере ЕТР в январе отме-



чается рост толщины снега на 10–20% в первую декаду XXI в. в нижнем течении р. Печора. Наибольший рост толщины снежного покрова для января (20–40%) характерен для верхнего течения р. Обь и северных районов Тюменской области.

В *марте* наибольшая толщина снежного покрова по данным снегосъёмок на территории России увеличилась в среднем на 15 см по сравнению с январём (см. рис. 2, *б*). При этом на юге ЕТР и в Забайкалье значение этого параметра практически не изменилось и составило 10–20 см. Сравнение толщины снежного покрова в марте в 2001–2010 и 1966–2000 гг. приведено на рис. 2, *ж*. Видно, что в южных и северо-восточных районах ЕТР, в южных и северных районах Западной Сибири толщина снежного покрова в 2001–2010 гг. увеличилась более чем на 1/3 по сравнению с 1966–2000 гг. При этом в бассейнах среднего и нижнего течения р. Лена и в районах восточнее р. Лена толщина снега снизилась на 10–20%.

Максимальная толщина снежного покрова за сезон в среднем на 5–15 см больше, чем в марте. Поэтому основные закономерности распределения максимальной сезонной толщины снежного покрова и её толщины в марте близки. Средняя за 2001–2010 гг. максимальная толщина снежного покрова, согласно данным маршрутных снегосъёмок, изменяется от 15 см в Читинской области и южных регионах ЕТР до 115 см в бассейне среднего и верхнего течения р. Енисей (см. рис. 2, *з*).

Изменение максимальной толщины в 2001–2010 гг. относительно 1966–2000 гг. показано на рис. 2, *з*. На севере Тюменской области и юге Западной Сибири наблюдается значительный (до 40%) рост толщины снежного покрова. Вместе с тем на севере Якутии и в междуречье среднего течения рек Обь и Енисей максимальная толщина покрова снизилась почти на 15%. В центральных районах ЕТР, западнее Волги, максимальная толщина снежного покрова увеличилась на 5–15%,

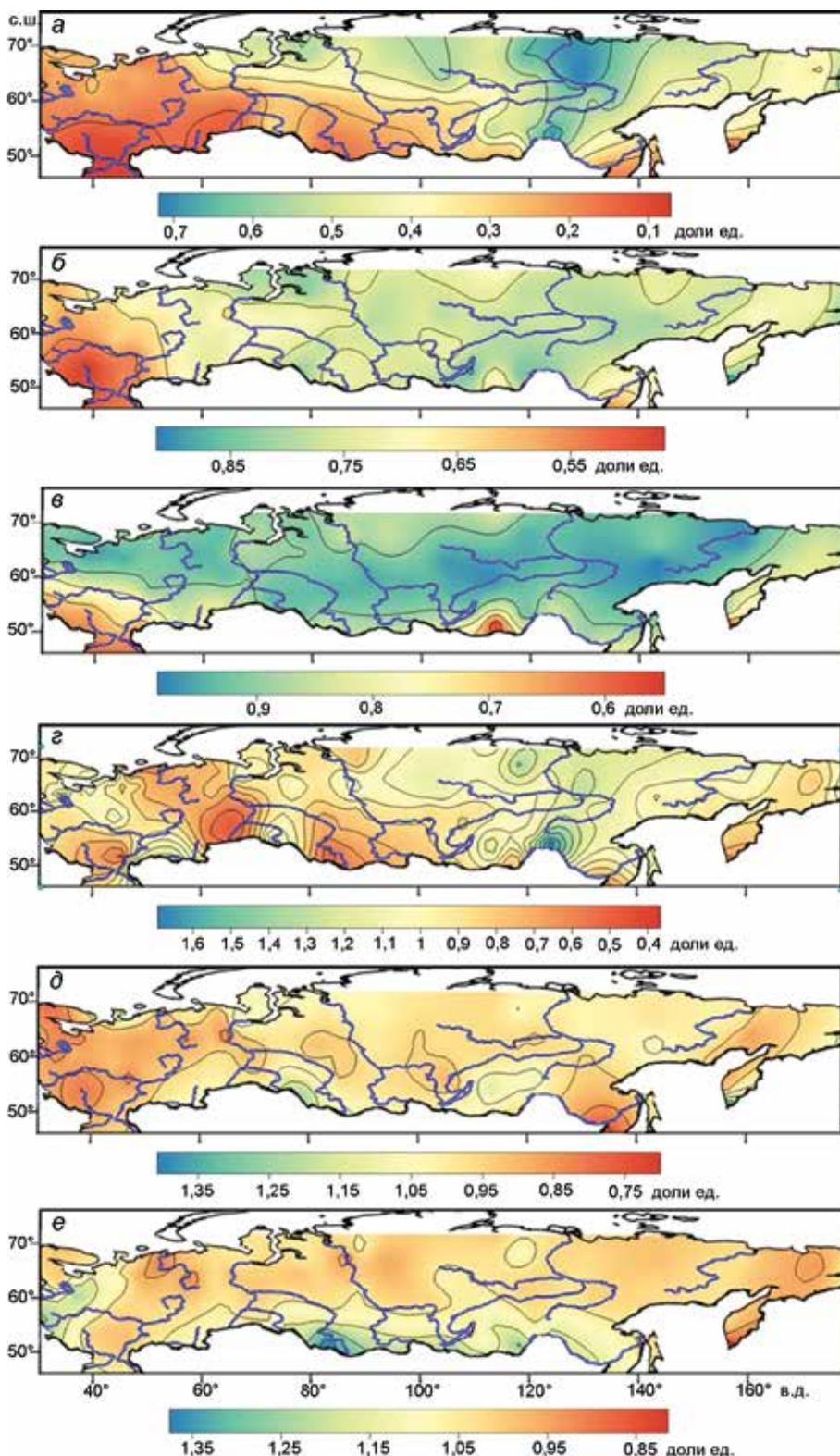


Рис. 3. Динамика толщины снежного покрова и её изменчивость. Отношение толщины снежного покрова за отдельные месяцы к максимальному значению – величина $f_1(H)$ за период 2001–2010 гг.: *a* – ноябрь; *б* – январь; *в* – март; изменение величины $f_1(H)$ за период 2001–2010 гг. относительно периода 1966–2000 гг. – величина $f_2(H)$: *г* – ноябрь; *д* – январь; *е* – март

Fig. 3. Dynamics of a snow depth and its variability. Ratio of the snow depth for some months to the maximum value – the value of $f_1(H)$ in 2001–2010, months: *a* – November; *б* – January; *в* – March; change of $f_1(H)$ in 2001–2010 relative to 1966–2000 – the value of $f_2(H)$ for the months: *г* – November; *д* – January; *е* – March

а в южных районах ЕТР – на 20–40%. В последнем случае из-за небольшой толщины снежного покрова её прирост составил около 10 см. Увеличение максимальной толщины снежного покрова

на 5–15% отмечается в пределах большей части южных районов Сибири и Дальнего Востока.

Динамика снегонакопления – отношение толщины снежного покрова за отдельные ме-

сяцы к максимальному её значению (величина $f_1(H)$) – по данным маршрутных снегосъёмов для периода 2001–2010 гг. за ноябрь, январь и март приведена на рис. 3. Средняя за период 2001–2010 гг. толщина снежного покрова в *ноябре* в бассейне р. Лена достигает 60% её максимального значения (см. рис. 3, *a*) и составляет 10–15 см в верхнем течении реки и более 30 см в среднем и нижнем течении (см. рис. 2, *a*). На большей части территории ЕТР толщина снежного покрова в *ноябре* равна 10–20% её максимального значения (см. рис. 3, *a*) и достигает 5–15 см (см. рис. 2, *a*). На северо-востоке Сибири в *ноябре* значение $f_1(H)$ превышает 35% и составляет 25 см. Изменение величины $f_1(H)$ за отдельные месяцы 2001–2010 гг. относительно данной величины в те же месяцы 1966–2000 гг. обозначим как $f_2(H)$. Она показывает изменение динамики снегонакопления за указанные периоды. Так, в первое десятилетие XXI в. величина $f_1(H)$ в *ноябре* по сравнению с 1966–2000 гг. увеличилась для районов Восточной Сибири более чем на 10–15% (см. рис. 3, *z*). В *ноябре* значение $f_2(H)$ в бассейне р. Обь и на северо-востоке ЕТР снизилось на 20–30%, а на большей части ЕТР – на 5–15%.

В *январе* толщина снежного покрова восточнее р. Енисей составляет порядка 75–80% максимального значения (см. рис. 3, *b*), а в центральной и восточной части ЕТР – более 60%. Вместе с тем в южной части ЕТР величина $f_1(H)$ в *январе* не превышает 50% максимального значения. В верховьях р. Обь доля толщины снежного покрова в *январе* относительно максимального значения в первое десятилетие XXI в. увеличилась по сравнению с 1966–2000 гг. (величина $f_2(H)$ в *январе*) на 10–20% (см. рис. 3, *d*). Небольшое снижение значения $f_2(H)$ в *январе* (на 10%) отмечается в центральной и южной частях ЕТР, на юго-востоке и северо-востоке Сибири, а также в нижнем течении р. Обь. На остальной части территории России эти изменения невелики.

В *марте* толщина снежного покрова на большей части территории России достигает 80–90% максимального значения (см. рис. 3, *e*). В верховьях Енисея и на юго-востоке ЕТР эта величина составляет около 75%. По данным маршрутных снегосъёмов, динамика снегонакопления – доля толщины снежного покрова в *марте* к максимальному значению в первое десятилетие XXI в. – практически не изменилась по сравнению с 1966–2000 гг. на севере России и несколько увеличилась в южных районах Сибири (см. рис. 3, *e*).

Пространственно-временная изменчивость плотности снежного покрова

Плотность снежного покрова в значительной степени определяет его теплозащитные свойства. За период 2001–2010 гг. наибольшие значения плотности снега в *ноябре* зафиксированы на северо-востоке ЕТР, севере Западной Сибири и в южных районах ЕТР (рис. 4, *a*). В первых двух случаях это обусловлено толщиной снега 30–50 см (см. рис. 2, *a*), а на юге ЕТР – частыми оттепелями при небольшой толщине снежного покрова. Изменение максимальной плотности снежного покрова и его плотности за отдельные месяцы (*ноябрь*, *январь*, *март*) за период 2001–2010 гг. относительно 1966–2000 гг. показано на рис. 4, *d–z*. Снижение плотности снега на 30% в *ноябре* 2001–2010 гг. по сравнению с *ноябрем* 1966–2000 гг. отмечалось в южных районах Сибири и отдельных районах Якутии (см. рис. 4, *d*). Это вызвано относительным снижением толщины снежного покрова в данных районах (см. рис. 2, *d*) при небольшой её абсолютной толщине (см. рис. 2, *a*). Аналогичное можно сказать и о центральных районах ЕТР, где снижение плотности составило 15%. В междуречье среднего и нижнего течения рек Оби и Енисея плотность снега увеличилась на 10%.

Наименьшее изменение плотности снега в *январе* относительно *ноября* произошло в Якутии (плотность увеличилась с 0,13 до 0,15 г/см³), несколько большее – в южных районах Западной Сибири и в междуречье среднего течения рек Енисей и Лена (см. рис. 4, *b*). На остальной территории России рост плотности снега с *ноября* по *январь* составил в среднем 20–40%. Наибольший рост плотности снега (на 15–30%) в *январе* 2001–2010 гг. по сравнению с *январем* 1966–2000 гг. отмечался в Иркутской области, Забайкалье, западных районах Якутии и восточных районах ЕТР (см. рис. 4, *e*). На севере Якутии плотность снега снизилась на 5–10% при таком же снижении толщины снежного покрова (см. рис. 2, *e*). Аналогичное снижение плотности снега наблюдается на большей части территории ЕТР.

Наибольшая плотность снега в *марте* приходится на северные и южные районы ЕТР, где её значение достигает 0,30 г/см³ (см. рис. 4, *e*). Прирост плотности снега в *марте* по отношению к *январю* на большей части территории России составляет порядка 10%. В районах Западной Сибири плотность снега достигает 0,25 г/см³ и снижается до значений 0,18 и 0,16 г/см³ соответственно в Якутии и Забайкалье. Наибольший рост плотности снега в *марте* 2001–2010 гг. по сравнению с

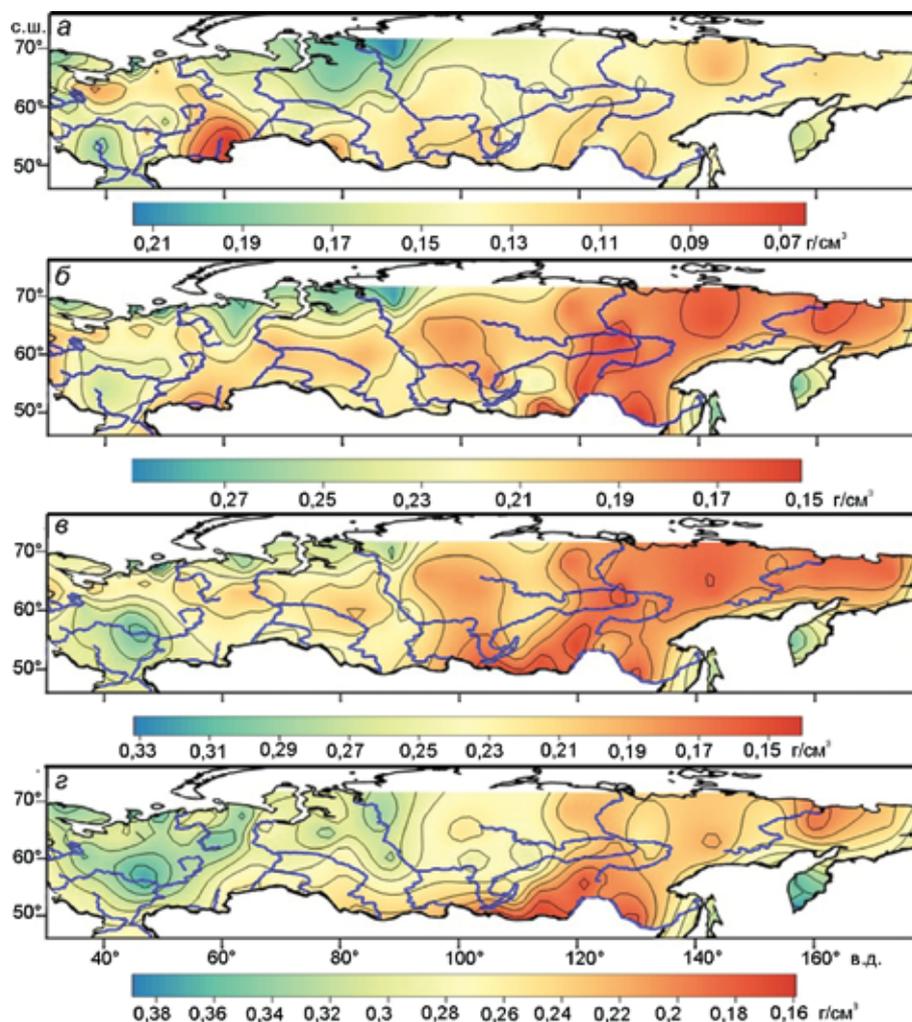


Рис. 4, а–з. Пространственная и временная изменчивость плотности снежного покрова на территории России. Средние значения плотности снежного покрова в период 2001–2010 гг.: а – ноябрь; б – январь; в – март; з – максимальные значения; изменение плотности снежного покрова в период 2001–2010 гг. относительно периода 1966–2000 гг.: д – ноябрь; е – январь; ж – март; жс – март; з – максимальные значения

Fig. 4. The spatial and temporal variability of the snow density on the Russian territory.

Average values of snow density in 2001–2010, months: а – November; б – January; в – March; з – maximum values; the change of snow density in 2001–2010 relative to 1966–2000, months: д – November; е – January; ж – March; жс – March; з – maximum values

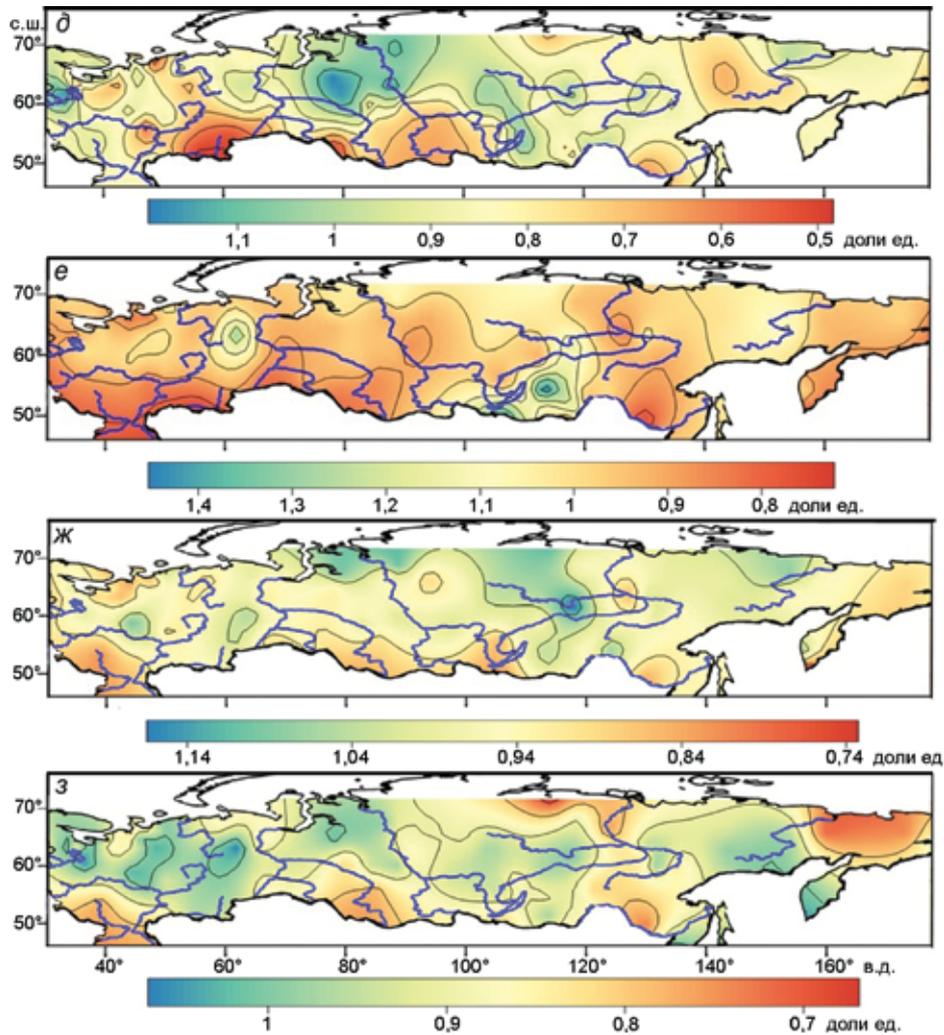
январем 1966–2000 гг. отмечается в среднем течении р. Вилюй и составляет 15% (см. рис. 4, ж). На остальной части территории России изменения находятся в пределах 5–10%. Исключение составляют южные и западные районы ЕТР, где при плотности снега порядка 0,26 г/см³ её величина в марте в 2001–2010 гг. снизилась в среднем на 10%.

Максимальные плотности снежного покрова (более 0,30 г/см³) характерны для ЕТР и районов среднего и нижнего течения р. Енисей (см. рис. 4, з). Максимальная плотность в конце холодного периода на 15–25% больше, чем в марте. Минимальная плотность (0,18 г/см³) отмечена в Забайкалье. В бассейне среднего течения р. Лена

максимальная плотность снежного покрова составляет около 0,22 г/см³. В центральных и северо-западных районах ЕТР рост максимальной плотности снежного покрова в 2001–2010 гг. относительно 1966–2000 гг. не превышает 6% (см. рис. 4, з). Значительно (на 20%) снизилась максимальная плотность снежного покрова в бассейне верхнего течения р. Лена и районах восточнее р. Индигирка.

Заклучение

Толщина и плотность снежного покрова, определяющие его теплоизоляционные свойства, характеризуются пространственно-временной изменчивостью. Наряду с межгодовой изменчиво-



стью толщины и плотности снежного покрова актуальна и оценка внутригодовой динамики параметров снежного покрова, в значительной степени влияющих на теплофизическое состояние приповерхностной части почв и грунтов. Сравнение толщины снежного покрова по данным маршрутных снегосъёмов за периоды 2001–2010 и 1966–2000 гг. показало, что в последние годы в ноябре произошло значительное (до 40%) снижение толщины снежного покрова на северо-востоке ЕТР (бассейн р. Печора), в центральных районах Западной Сибири и на северо-востоке Сибири. Менее значительное снижение толщины снежного покрова (10–20%) отмечено в восточных районах ЕТР. Такая динамика способствует более быстрому промерзанию почв и грунтов, что может компенсировать потепление климата в этих районах и его влияние на изменение толщины сезонно-талого слоя.

Максимальная толщина снежного покрова в 2001–2010 гг. по сравнению с 1966–2000 гг. уве-

личилась на 40% на севере Тюменской области и в ряде районов юга ЕТР и Западной Сибири. В этих районах величина сезонно-талого слоя может увеличиваться как за счёт потепления, так и в результате ухудшения условий промерзания грунта при росте толщины снежного покрова. На севере Якутии, в районах восточнее р. Лена, а также в центральных районах Западной Сибири максимальная толщина снега снизилась почти на 15%.

Рост максимальной плотности снежного покрова в период 2001–2010 гг. относительно 1966–2000 гг. на большей части территории ЕТР и Западной Сибири не превышает 6%. Значительное снижение максимальной плотности снежного покрова (до 20%) приурочено к бассейну верхнего течения р. Лена и районам восточнее р. Индигирка, что способствует увеличению теплозащитных свойств снежного покрова. По данным снегосъёмов, основное снегонакопление происходит в первой половине холодного периода. Так, на большей

части территории криолитозоны отношение толщины снежного покрова за январь к его максимальному значению превышает 75%. Это определяет влияние динамики снегонакопления в первой части холодного периода на термическое состояние почв и грунтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества – грант РФФИ-РГО № 13-05-41195 РГО_а. Расчеты параметров снежного покрова выполнены в рамках гранта Ведущей научной школы НШ-5967.2014.5.

Литература

1. Китаев Л.М., Кислов А.В. Региональные различия снегонакопления – современные и будущие изменения (на примере Северной Европы и севера Западной Сибири) // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 2. С. 98–104.
2. Кренке А.Н., Разуваев В.Н., Китаев Л.М., Мартуганов Р.А., Шакирзянов Р.И. Снежность на территории СНГ и его регионов в условиях глобального потепления // Криосфера Земли. 2000. Т. IV. № 4. С. 97–106.
3. Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В., Сократов С.А., Жидков В.А. К оценке влияния изменчивости характеристик снежного покрова на промерзание грунтов // Криосфера Земли. 1999. Т. III. 3. № 1. С. 3–10.
4. Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В., Сократов С.А. О роли некоторых природных факторов в промерзании грунтов // МГИ. 2000. № 88. С. 41–45.
5. Осокин Н.И., Жидков В.А., Самойлов Р.С., Сосновский А.В. Изменчивость гидрометеорологических факторов, влияющих на промерзание грунтов // МГИ. 2000. № 89. С. 209–213.
6. Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В., Чернов Р.А. Оценка влияния потепления климата на деградацию мерзлоты (на теплофизическое состояние мерзлых пород) // МГИ. 2005. № 99. С. 144–150.
7. Осокин Н.И., Самойлов Р.С., Сосновский А.В. Оценка влияния толщины снежного покрова на деградацию мерзлоты при потеплении климата // Изв. РАН. Сер. геогр. 2006. № 4. С. 40–46.
8. Осокин Н.И., Сосновский А.В., Накалов П.Р., Ненашев С.В. Термическое сопротивление снежного покрова и его влияние на промерзание грунта // Лёд и Снег. 2013. № 1 (121). С. 93–103.
9. Осокин Н.И., Сосновский А.В., Чернов Р.А. Влияние стратиграфии снежного покрова на его термическое сопротивление // Лёд и Снег. 2013. № 3 (123). С. 63–70.
10. Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны. Новосибирск: Гео, 2008. 230 с.
11. Скачков Ю.Б. Термическая устойчивость верхних горизонтов криолитозоны Центральной Якутии при современном потеплении климата: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2001. 25 с.
12. Шерстюков А.Б. Корреляция температуры почвогрунтов с температурой воздуха и высотой снежного покрова на территории России // Криосфера Земли. 2008. Т. XII. № 1, С. 79–87.
13. Шерстюков А.Б. Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. Обнинск: изд. ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2009. 127 с.
14. Шмакин А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в последние десятилетия // Лёд и Снег. 2010. № 1 (109). С. 43–57.
15. Osokin N.I., Samoylov R.S., Sosnovskiy A.V., Sokratov S.A., Zhidkov V.A. Model of the influence of snow cover on soil freezing // Annals of Glaciology. 2000. Т. 31. С. 417–421.

Summary

Measurements of snow cover depth and density made in 2001–2010 in the snow survey routes made it possible to study spatial and temporal variability of these characteristics on the territory of Russia. Maps of distribution of the snow cover depth and density in November, January and March for this period were constructed. Comparison of these maps with similar ones for the period from 1966 to 2000 did show that in November of the last years, significant (up to 40%) reduction in snow cover depth took place on the north-east of the European part in the river Pechora basin, in central regions of the West Siberia, and in north-east Siberia. As compared to the data of 1966–2000 the maximal snow depth for the period of 2001–2010 increased by 40% on the north of the Tyumen oblast, and in some regions on the south of West Siberia as well as of the European territory. In these areas, thickness of the seasonally melted layer of soil may increase for two reasons, i.e. due to the climate warming or as a result of worse conditions for the soil freezing when snow cover depth increases. In other regions, namely, the Northern Yakutia and areas on the east of the Lena River, as well as in central regions of the West Siberia maximal snow cover depth decreased by almost 15%. Growth of maximal density of the snow cover in the years of 2001–2010 relative to that in 1966–2000 does not exceed 6%. But in the Lena river basin decrease of the snow cover maximal density was noted more significant, namely by 20%. Inhomogeneous spatial variations of the snow cover during the period 2001–2010 relative to those of 1966–2000 could result in different spatial changes in thermal conditions for the existence of permafrost and seasonally frozen ground in Russia.