

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЗОНОВ ГОДА В ПОДТАЙГЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ ЗА ПЕРИОД С 1936 ПО 2015 г.

Т.В. Ромашова, Л.Б. Филандышева, К.Д. Юркова

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

Проблема глобального изменения климата и зависящей от него природной среды является в настоящее время чрезвычайно актуальной. Дается оценка изменений временных характеристик (дат начала, конца, продолжительности) сезонов года за период с 1936 по 2015 г. в подтайге Западно-Сибирской равнины, полученных на основе графиков средних многолетних суточных значений температуры воздуха. Установлено смещение дат начала осени и зимы на более поздние, а весны и лета – на более ранние сроки, что отразилось в изменении продолжительности естественных климатических сезонов года, особенно зимнего.

**Ключевые слова:** изменение климата, сезоны года, временные характеристики, подтайга (гемибореальные леса), Западная Сибирь.

### Введение

Проблема глобального изменения климата и зависящей от него природной среды является в настоящее время чрезвычайно актуальной. По данным ВОЗ изменение климата воздействует на социальные и связанные с окружающей средой факторы здоровья – чистый воздух, безопасную питьевую воду, достаток продовольствия и надежный кров [Информационный бюллетень ВОЗ, 2016].

«Изменение климата» – общий термин, включающий все виды непостоянства климата независимо от их природы – статистической (связанной с внутренней структурой ряда) или обусловленной физическими причинами [Рубинштейн, Полозова, 1996]. За последние 130 лет температура в мире возросла примерно на 0,85°C, а за последнюю четверть века темпы глобального потепления ускорились, превысив 0,18°C за десятилетие [Израэль, Груза и др. 2001; Груза, Ранькова, 2004; Шерстюков, 2007; Изменение климата... 2014; IPCC. Summary for Policy makers... 2014; 21-я климатическая конференция ООН, 2016]. Особенно высокие темпы роста температур фиксируются в Северном полушарии, а на его территории – в регионах, к востоку от Урала [Доклад об особенностях... 2016].

Характерной чертой природы Западной Сибири является ярко выраженная широтная зональность, обусловленная зонально-климатическими закономерностями. Общие черты и местные особенности рельефа, преломляя зонообразующие действия важнейших элементов климата – тепла и влаги, создают сложные сочетания экологических условий геосистем, определяя внутреннюю неоднородность природных зон. Эта неоднородность характерна для подтайги – природной зоны, располагающейся на переходе от южной тайги к широколиственным лесам в Европе и на Дальнем Востоке, или лесостепи в Сиби-

ри. Следует подчеркнуть, что зона подтаёжных или гемибореальных (широколиственно-хвойных) лесов имеет циркумбореальное распространение, а в Евразии – трансконтинентальный характер, однако в разных частях Евразии она сильно различается по структуре и характеру сообществ [Hämet-Ahti, 1981]. В физико-географическом отношении западно-сибирская подтайга представляет собой самый южный широтный пояс в подзоне южной тайги Западно-Сибирской равнины (ЗСР), который включает смешанные светлохвойно-мелколиственные травяные леса [Ермаков, 2003], расположенные между 54 и 56° с. ш. (рис. 1). Ландшафты подтайги отличаются от южнотаетных большей сложностью рельефа, уменьшением увлажнения, вследствие чего и меньшей заболоченностью (до 32%), более пестрым почвенно-растительным покровом, и, в соответствии с этим, значительным разнообразием местных климатов и микроклиматов.

Согласно ландшафтному районированию [Ландшафты... 2008] подтайга рассматриваемого региона относится к группе равнинных бореальных ландшафтов, к биому смешанных лесов, происходящих от древних плиоценовых хвойно-широколиственных лесов [Ponomarenko, 2017; Ermakov et al., 2003]. Площадь этой подтаёжной подзоны составляет 223,6 тыс км<sup>2</sup>. Она протянулась в широтном направлении между городами Екатеринбург и Красноярск относительно нешироким поясом – от 50 до 200 км. Выбор района исследования объясняется тем, что биоразнообразие экосистем подтайги – самое высокое из экосистем Западной Сибири. При этом подтайга Западно-Сибирской равнины как наиболее освоенная зона этого региона испытывает сложный комплекс воздействия внешних факторов и чутко реагирует на экологические факторы, в том числе климатические [Дробушевская, Назимова, 2006].

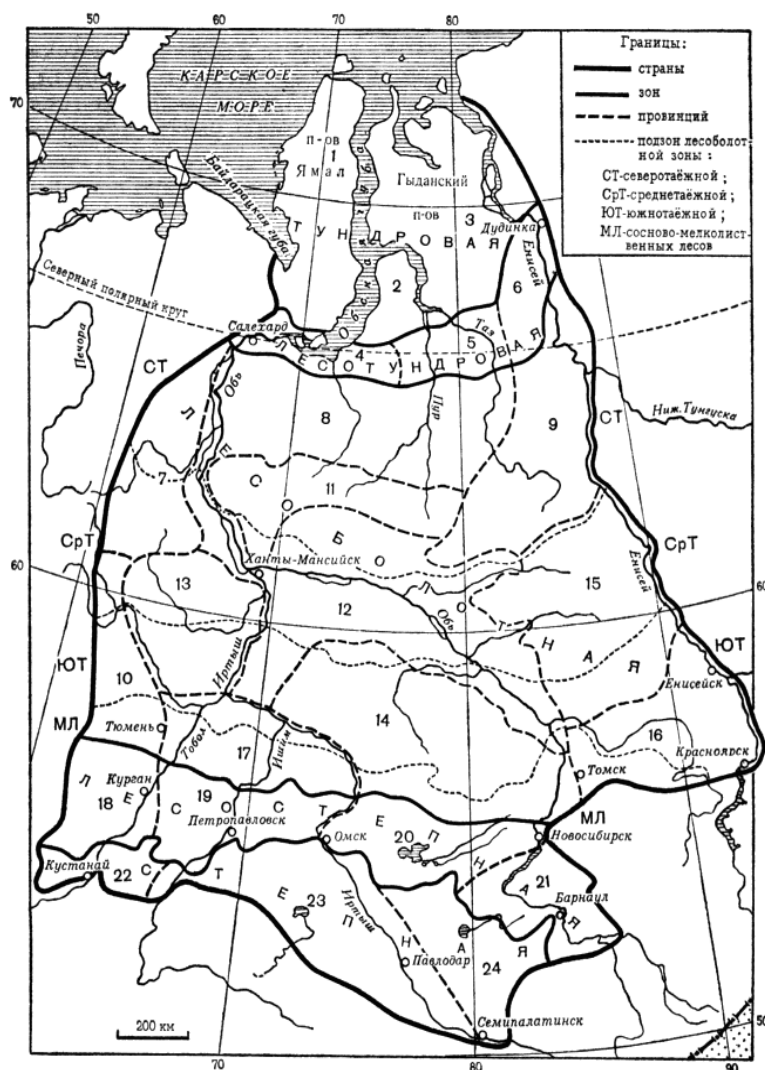


Рис. 1. Ландшафтные зоны и провинции Западно-Сибирской равнины [Гвоздецкий, Михайлов, 1978]

Fig. 1. Landscapes and provinces of the West Siberian Plain [Gvozdetsky, Mikhailov, 1978]

В экономико-географическом отношении подтайга Западной Сибири занимает часть Томской и Тюменской областей, относящихся к инвестиционно-привлекательным субъектам Российской Федерации и занимающих соответственно 6-е и 18-е места в рейтинге по этому показателю [Рейтинг инвестиционной привлекательности... 2017]. В связи с этим для выработки стратегии социально-экономического развития территорий и обоснования материальных и финансовых затрат предприятий промышленности, транспорта, сельского и лесного хозяйства, учреждений социальной сферы необходим климатический мониторинг, включающий изучение временных характеристик климатических сезонов года на региональном уровне.

#### Методика исследования

При характеристике сезонов года часто их границы отождествляют с календарными сроками, кото-

рые, как и астрономические сезоны, являются формальными [Визе, 1940; Галахов, 1959; Рутковская, 1979; Филандышева, 1982; Окишева, 1984; Romashova, 2013]. В данном исследовании будут учитываться сезоны в их естественных границах, так как именно с ними согласуется развитие живой и неживой природы. Для выделения сезонов года и разработки модели сезонной ритмики нами использован комплексно-генетический метод Н.Н. Галахова [Галахов, 1959], дополненный Н.В. Рутковской [Рутковская, 1979]. Суть метода состоит в том, что при установлении сезонной структуры года для каждого конкретного района земного шара с относительно однообразными условиями климата необходим одновременный учет хронологического хода всех факторов климатообразования (солнечной радиации, циркуляции атмосферы, характера подстилающей поверхности) и явлений природы, с ними связанных [Шульц, 1981; Филандышева, 2009]. Фенологические

признаки сезонов неизменны (появление первых всходов и листопад, ледостав и ледоход, первые цветы, последние стаи птиц и т.д.), как и временная их последовательность [Соловьев, 2005]. А вот сроки наступления и окончания этих сезонных явлений связаны с периодическим изменением радиационного режима, а следовательно, и зависящего от него термического режима. Поэтому объективным показателем, отражающим динамику всех компонентов климатообразования, а также сезонную ритмику ландшафта, является среднесуточная температура воздуха [Рутковская, 1979; Филандышева, 1982, Окишева, 1984, Ромашова, 2004; Филандышева, 2009; Курьина и др., 2013]. Исследование динамики естественной сезонной ритмики климата дает возможность установить связь между глобальными и региональными изменениями климата, а также их влиянием на функционирование ландшафтов и жизнедеятельность человека [Минин, 2000; Кузнецова, Гребенюк, 2016; Окишева, Филандышева, 2013]. При таком подходе сроки наступления сезонов года и их феноиндикаторов будут варьировать по годам в зависимости от складывающихся климатообуславливающих факторов [Фриш и др., 1976; Шульц, 1981].

Надежный анализ изменчивости и изменения климата невозможен без достаточно длинных временных рядов изучаемых показателей [Бюллетень ВМО, 2016]. Материалом для установления и анализа изменения временных характеристик сезонов года на территории подтайги ЗСР послужили значения температуры (среднесуточной, минимальной и максимальной) приземного слоя воздуха суточного разрешения из базы данных ВНИИГМИ – МЦД за период с 1936 по 2015 г. по метеостанциям Тюмень и Томск, расположенным на западе и востоке подзоны соответственно (см. рис. 1). На основе этих данных для каждой станции были построены графики многолетнего хода температур за три периода: первый – с 1936 по 1970 г., второй – с 1971 по 2006 г., третий – с 2001 по 2015 г. Их продолжительность вполне достаточная (35 лет), так как для вычисления средних многолетних дат с неискаженными влиянием вековых колебаний климата значениями рекомендуется использовать ряды длительностью не свыше 30–40 лет [Соловьев, 2005]. За границу между первым и вторым периодами взят 1971 г., так как именно с этого года изменения климата стали наиболее выраженными [Груза, 2004; Шерстюков, 2007; Филандышева, 2012; Изменение климата..., 2014].

Некоторые исследователи [Ипполитов и др., 2008] считают, что в Сибири с начала 2000-х гг. отмечаются изменения в температурных тенденциях, поэтому нами был выделен третий период (2001–2015 гг.). Достаточно точное представление о норме и отклонениях фенологических сроков дает обработка рядов наблюдений за 15 лет и более,

гарантирующих высокую вероятность того, что в течение такого периода учитываются почти все возможные варианты хода сезонного развития местной природы [Соловьев, 2005]. Поэтому продолжительность выделенного нами третьего периода (с 2001 по 2015 г.) также можно считать репрезентативной. Закономерности изменений климатического режима изучались методами математической статистики, включая тренд-анализ, а также методом сравнения.

### Полученные результаты

Особенности изменения термического режима в подтайге ЗСР нами были рассмотрены на основе анализа хода ежегодных значений среднегодовых температур приземного слоя воздуха и их линейных трендов (рис. 2), рассчитанных за период с 1936 по 2015 г. по ст. Тюмень (запад подзоны) и ст. Томск (восток подзоны) (см. рис. 1). Сопоставление графиков (рис. 2) показало наличие положительной тенденции в изменении годовых величин температуры воздуха на обеих станциях с практически равными значениями коэффициентов линейных трендов:  $+0,25^{\circ}\text{C} / 10$  лет (Тюмень) и  $+0,26^{\circ}\text{C} / 10$  лет (Томск). Следует отметить, что абсолютные значения данного термического показателя на этих станциях заметно отличаются. Так, на ст. Тюмень средний уровень среднегодовой температуры воздуха за 75 лет составил  $+1,4^{\circ}\text{C}$ , на ст. Томск почти в четыре раза ниже –  $+0,3^{\circ}\text{C}$ , но при этом от начала тренда к его концу на восточной станции температуры воздуха выросли больше (с  $-0,7$  до  $+1,3^{\circ}\text{C}$ ), чем на западной (с  $+0,7$  до  $+2,2^{\circ}\text{C}$ ). Вышесказанное свидетельствует о том, что, несмотря на долготные различия в термическом режиме, климат во всей подтайге ЗСР периода с 1936 по 2015 г. изменился в сторону потепления.

Для анализа динамики временных характеристик климатических сезонов года за период с 1936 по 2015 г. нами на основе средних многолетних среднесуточных температур воздуха за указанные выше три периода с использованием критериев, обоснованных ранее [Рутковская, 1979; Филандышева, 1982, Филандышева, 2009], были определены средние многолетние даты начала, конца и продолжительности сезонов (таблица).

Анализ динамических изменений данных показателей начнем с осеннего сезона. Осень – переходный климатический сезон от лета к зиме. Это время быстрого изменения всех метеорологических элементов, появления нового компонента геокомплекса – временного снежного покрова, прекращения вегетации растений и перехода их в конце сезона в состояние покоя. В течение осеннего сезона происходит разрушение летней структуры ландшафта и становление зимней [Рутковская, 1979].

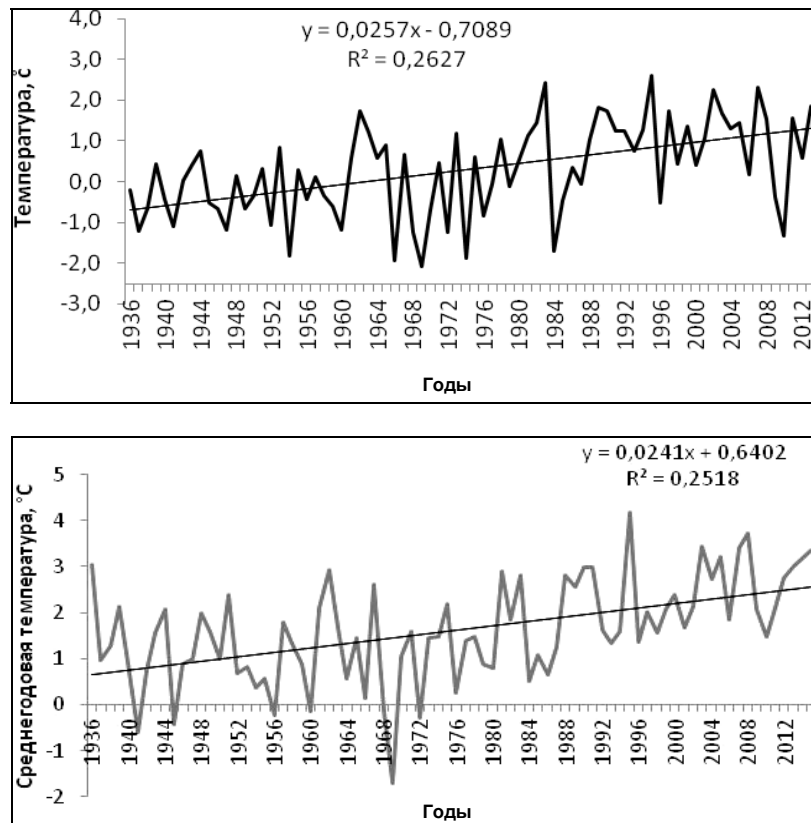


Рис. 2. Изменение среднегодовых температур за период с 1936 по 2015 г. на ст. Тюмень (вверху) и ст. Томск (внизу)

Fig. 2. Change an average annual temperatures for the period from 1936 to 2015 at weather stations Tyumen (top) and Tomsk (below)

#### Временные характеристики сезонов года в подтайге Западно-Сибирской равнины

##### Time characteristics of the seasons in the subtaiga of the West Siberian Plain

Период (годы)	Осенний сезон			Зимний сезон		Весенний сезон		Летний сезон	
	Дата начала	Дата конца	$\Delta t$ в днях	Дата конца	$\Delta t$ в днях	Дата конца	$\Delta t$ в днях	Дата конца	$\Delta t$ в днях
Метеостанция Томск									
Первый (1936–1970)	8.09	31.10	54	24.03	144	16.05	53	7.09	114
Второй (1971–2006)	11.09	1.11	55	20.03	136	13.05	54	10.09	120
Третий (2001–2015)	12.09	6.11	56	16.03	131	08.05	52	11.09	126
Метеостанция Тюмень									
Первый (1936–1970)	15.09	05.11	52	22.03	137	12.05	51	14.09	125
Второй (1971–2006)	18.09	09.11	53	12.03	123	11.05	60	17.09	129
Третий (2001–2015)	23.09	27.11	66	01.03	94	06.05	66	22.09	139

Примечание.  $\Delta t$  – продолжительность сезона в днях.

Note.  $\Delta t$  – duration of the season in days.

Его началу соответствует устойчивый переход средней суточной температуры воздуха ниже  $+10^{\circ}\text{C}$ , а концу (началу зимы) – даты образования устойчивого снежного покрова и начала устойчивых моро-

зов. В Тюмени динамические изменения временных характеристик осеннего сезона сравниваемых временных отрезков следующие: во втором и третьем периодах даты начала и конца сезона сместились на

более поздние сроки по сравнению с первым – на 3 и 7 дней и 4 и 22 дня соответственно. На ст. Томск указанные временные показатели также стали наступать позднее: так, начало сезона отступило во втором периоде, по сравнению с первым, на 3 дня, в третьем – на 5 дней, а конец – на 1 и 6 дней соответственно. Это привело к увеличению продолжительности осени, причем более заметному на западе подзоны, чем на ее востоке (в Тюмени – на 14 дней, тогда как в Томске – на 2 дня) (см. таблицу).

Зима в умеренных широтах является одним из двух основных сезонов годового цикла. Ее погодные условия определяют как особенности функционирования природных геосистем, так и организацию различных сфер хозяйственной деятельности человека в течение длительного времени. За границы зимнего сезона в его начале принимаются даты образования устойчивого снежного покрова и начала устойчивых морозов, а в конце – даты прекращения устойчивых морозов и достижения максимальных запасов воды в снежном покрове. Следует сказать, что продолжительность зимнего сезона с 1970-х гг. в подтаежной зоне заметно сократилась, особенно на ст. Тюмень – на 40 дней (со 137 до 94 дней), на ст. Томске – на 13 дней (с 144 до 131 дня) (таблица). Сжатие во времени зимнего сезона связано со смещением даты его начала на более поздние (это было показано при анализе окончания осени), а даты его конца – на более ранние сроки (с 22 марта на 01 марта – ст. Тюмень, с 24 марта на 16 марта – ст. Томск).

Весна характеризуется быстрым нарастанием солнечного тепла, поступающего на земную поверхность, таянием и ликвидацией снежного и ледового покрова, размерзанием, а затем и прогреванием почвогрунтов. Началу весеннего сезона соответствуют критерии, указанные выше для определения окончания зимнего сезона, а концу – устойчивый переход среднесуточных температур воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ . Ранее были описаны изменения дат конца зимы, которые знаменуют начало следующего сезона – весны, поэтому их анализ мы повторять не будем и рассмотрим только динамику сроков ее окончания. Весенний сезон в третьем периоде, по сравнению с первым, стал заканчиваться раньше на 6 дней на западе и на 8 дней на востоке (см. таблицу). В соответствии с особенностями динамики дат начала и конца сезона изменилась и его продолжительность. На ст. Тюмень она увеличилась почти на две недели (с 51 дня первого периода до 66 дней третьего), на ст. Томск длина сезона изменялась незначительно в пределах 52–54 дней. Весна и осень – это переходные сезоны года, в течение которых происходит перестройка барического поля Земли от одного главного сезона к другому, поэтому их погодные условия характеризуются как самые неустойчивые.

Летний сезон в условиях умеренного климата, где четко обозначены все четыре климатических сезона, является главным временем года, в течение которого активно протекают энергетические процессы, обеспечивающие бесперебойную жизнедеятельность биocenozов, в том числе культурных. Благоприятные температурные условия, продолжительный световой день, большое количество часов солнечного сияния – всё это делает летний сезон наиболее комфортным для осуществления разных видов хозяйственной деятельности. Началу и концу лета соответствует устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через  $+10^{\circ}\text{C}$  (на ветви подъема и спада температур соответственно). Особенности динамических изменений дат начала данного сезона показаны при характеристике окончания весеннего сезона, а конца – начала осеннего. Общей тенденцией для рассматриваемых станций является смещение дат начала лета от первого периода к третьему на более ранние сроки, а конца – на поздние, но пространственно эти процессы протекали с разной интенсивностью (см. описание выше). Продолжительность летнего сезона в подтайге ЗСР с 1900-х гг. в среднем увеличилась на 12–14 дней (на ст. Тюмень со 125 до 139 дней, на ст. Томск – со 114 до 126 дней). Следует подчеркнуть, что на ст. Тюмень в третьем периоде его длина стала существенно превосходить продолжительность зимнего сезона – на 45 дней, и доля лета в годовом цикле возросла до 38% (вместо 34,2% в первый период), а зимнего – уменьшилась до 25,8% (вместо 37,5% первого). В результате летний сезон стал главным в структуре годового цикла. На ст. Томск по продолжительности зима и лето практически сравнялись – их длина в третьем периоде составила 131 и 126 дней соответственно, тогда как в первом периоде это соотношение было 144 и 114 дней.

Более заметное сокращение продолжительности холодного сезона в западной части подтайги свидетельствует о более заметном смягчении климата в Приуральской части подтаежной зоны за счет глобального потепления, чем на востоке.

### Обсуждение результатов

В Северном полушарии последние три десятилетия (с 1983 по 2015 г.) были самым теплым периодом за 1400 лет, а период 2011–2015 гг. был самым жарким за всю историю наблюдений [Смирнова, 2013; Бюллетень ВМО, 2016]. При этом 2015 г. с весьма значительным отрывом от предыдущих лет явился самым теплым за всю историю наблюдений, превысив на  $0,74^{\circ}\text{C}$  среднее значение за 1961–1990 гг. Проведенный анализ свидетельствует о том, что в подтайге Западно-Сибирской равнины потепление климата стало наблюдаться ещё в 1970-е гг. [Ромашова,

2004; Филандышева, 2012, Филандышева, Сорока, 2013; Окишева, Филандышева, 2015]. Это нашло отражение и во временных характеристиках естественных сезонных ритмов во всей зоне подтайги, где от первого периода к двум последующим произошли следующие изменения в сроках сезонов года. Так, даты начала весеннего и летнего сезонов стали наступать раньше, как и даты окончания зимнего и весеннего, а даты начала осеннего и зимнего – позднее. В соответствии с этим изменились их продолжительность и соотношение между ними в годовом цикле.

Заметно увеличилась доля летнего сезона во всей подзоне: в Томске – с 31% в первом периоде до 34,5% в третьем, а в Тюмени – с 34,3 до 38,1%. При этом в западной части подтайги лето стало главным сезоном ещё в 1970-х гг. В связи с этим в последние 35–40 лет отмечается увеличение продолжительности периода вегетации (период с температурами воздуха выше +5°C) на территориях Западной Сибири (за исключением северных районов: п-ва Ямал, Таймыр и прилегающих к ним территорий). Среднее увеличение продолжительности периода вегетации составляет сейчас от 5 до 10 дней [Россия и сопредельные страны, 2008]. Выраженная тенденция смещения начала лета на более ранние сроки, а конца – на более поздние, свидетельствует об устойчивом повышении температуры воздуха первой декады мая в первом случае и первой–второй декад сентября – во втором. Исследуемому периоду (с 1936 по 2015 г.), согласно графику хронологического хода, свойственна тенденция к отступлению даты конца летнего сезона на более поздние сроки примерно на 0,5 дня за 10 лет.

Самое заметное изменение временных характеристик отмечается в зимнем сезоне года. В последний исследуемый нами период зима стала намного короче, чем в первый: в Томске его доля в годовом цикле уменьшилась с 39,5 до 35,9%, а в Тюмени ещё значительнее – с 37,5 до 25,7%. Выявленная тенденция смещения начала зимы во втором периоде (начала устойчивых морозов и устойчивого формирования снежного покрова) на более поздние сроки свидетельствует об устойчивом повышении температуры воздуха ноября, особенно его первых двух декад. В целом за весь период с 1936 по 2015 г. дата конца зимы имеет тенденцию к смещению на более поздние сроки с коэффициентом линейного тренда +2,3 дня за 10 лет. Большее уменьшение продолжительности холодного сезона на западе подтайги (зима сократилась на 31% в третьем периоде в сравнении с первым) говорит о том, что под влиянием глобального потепления климата смягчение его протекает быстрее в Приуральской части подтаежной зоны ЗСР, чем в Приенисейской, где указанная разница составила только 10%.

Анализ временных характеристик переходных сезонов показал, что их изменения более заметны в

западной части, чем в восточной, особенно осенью (см. таблицу).

В результате проведённого исследования были установлены следующие общие и индивидуальные пространственно-временные тенденции естественных сезонов года в подтаёжной подзоне Западно-Сибирской равнины:

- 1) смещение временных характеристик от первого периода к двум последующим: дат начала весеннего и летнего сезонов – на более ранние сроки, дат начала осеннего и зимнего сезонов – на более поздние, дат конца зимнего и весеннего сезонов – на более ранние сроки;
- 2) изменение продолжительности сезонов года и соотношения между ними в годовом цикле;
- 3) разные сезоны года становятся главными: в Тюмени – лето, в Томске – зима;
- 4) более существенные изменения временных характеристик в западной части подтайги Западной Сибири;
- 5) разница в продолжительности трёх сезонов (весны, лета, осени) в третьем периоде между метеостанциями Тюмень и Томск, удалёнными друг от друга на 1 178 км, составляет более двух недель, а зимы – более месяца.

Общие тенденции изменений в рассматриваемом регионе связаны с тем, что Западно-Сибирская равнина – единая физико-географическая страна с равнинным рельефом, ярко выраженной широтной зональностью и долготными изменениями внутри природных зон.

### Заключение

Изменение климата является одним из основных современных вызовов. Так, например, непредсказуемость погодных условий, которая ставит под угрозу производство продовольствия, повышение уровня моря, которое увеличивает риск природных катастроф, являются последствиями изменения климата и имеют глобальный характер и беспрецедентные масштабы. Первое десятилетие нынешнего века стало самым теплым в истории наблюдений за климатом, а в 2016–2035 гг., по прогнозам экспертов, средняя температура может вырасти ещё на 0,3–0,7°C. Это найдёт отражение в изменении пространственно-временных характеристик естественных климатических сезонов года. В настоящее время особый научный и практический интерес представляет подтайга, испытывающая антропогенное и природное воздействия. Анализ многолетних изменений климатических характеристик сезонных ритмов зоны подтайги Западно-Сибирской равнины путем сопоставления показателей, рассчитанных за три периода (1936–1970, 1971–2006, 2001–2015 гг.), выявил основные тенденции в динамике временных характери-

стик. В соответствии с изменениями дат начала и конца фаз изменилась и их продолжительность.

Установленные при обосновании границ сезонов года взаимосвязи между климатическими критериями начала (конца) структурных единиц и особенностями развития биотической составляющей ландшафта

позволяют считать, что анализ динамики временных изменений естественных сезонных ритмов дает возможность оценить меняющиеся условия функционирования ландшафтов, рассмотреть направления их дальнейшего развития и организации хозяйственной деятельности человека.

## ЛИТЕРАТУРА

**21-я** климатическая конференция ООН в Париже // Росгидромет. URL: <http://www.meteorf.ru/activity/international/rkik/> (дата обращения: 06.06.2016).

**Бюллетень** ВМО. Женева : Всемирная метеорологическая организация, 2016. Т. 65 (1). 64 с.

**Визе В.Ю.** Климат морей Северной Арктики. Л. : Изд-во Гидросевморпуть, 1970. 124 с.

**Галахов Н.Н.** Изучение структуры климатических сезонов года. М. : Изд-во АН СССР, 1959. 183 с.

**Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И.** Физическая география СССР. Азиатская часть. М. : Мысль, 1978. 492 с. URL: <http://tapemark.narod.ru/geograf/index.html> (дата обращения: 06.06.2016).

**Груза Г.В., Ранькова Э.Я.** Обнаружение изменений климата: состояния, изменчивости и экстремальности климата // Труды Всемирной конференции по изменению климата (г. Москва, 29 сентября – 3 октября 2003 г.). М. : Паблик принт, 2004. С. 101–110.

**Доклад** об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М. : Росгидромет, 2017. 70 с.

**Дробушевская О.В., Назимова Д.И.** Климатические варианты светлоснежной низкорослой подтайги Западной Сибири // География и природные ресурсы. 2006. № 2. С. 21–27.

**Ермаков Н.Б.** Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Гемибореальные леса. Классификация и ординация. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. 232 с.

**Изменение** климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК, 2013 г. Физическая научная основа. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 80 с.

**Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П.** Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5–21.

**Информационный** бюллетень ВОЗ. №266. 29 июня 2016 г. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/ru/>

**Ипполитов Н.Н., Кабанов М.В., Логинов С.В., Харюткина Е.В.** Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. // Журнал Сибирского федерального университета. Биология (спец. вып. «Изменение климата и экосистемы»). 2008. № 1 (4). С. 323–344.

**Кузнецова В.П., Гребенюк Г.Н.** Сезонная динамика метеоусловий северных территорий (на примере Нижневартовского района). URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer21/196.htm> (дата обращения: 06.06.2016).

**Курыгина И.В., Филандышева Л.Б., Бокова У.А.** Исследование климатических сезонов года и их влияния на живые компоненты болотного биогеоценоза (на примере олиготрофного болота подтаежной подзоны Западно-Сибирской равнины) // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 376. С. 182–191.

**Ландшафты** // Национальный атлас России / гл. ред. Национального атласа России А.В. Бородко ; гл. ред. тома В.М. Котляков. 2008. Т. 2. 495 с. URL: <http://xn--80aaaa1bhnclcc1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/398-399/398-399.html> (дата обращения: 06.06.2016).

**Минин А.А.** Фенологические особенности состояния экосистем Русской равнины за последние десятилетия // Известия АН СССР. Сер. географич. 2000. № 3. С. 75–80.

**Окишева Л.Н.** Пространственно-временной анализ климатических условий сезонной ритмики геосистем Обь-Енисейского Севера : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Новосибирск, 1984. 17 с.

**Окишева Л.Н., Филандышева Л.Б.** Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири. Томск, 2015. 316 с.

**Рейтинг** инвестиционной привлекательности субъектов РФ на 01.02.2017. URL: <http://www.ra-national.ru/ru/taxonomy/term/90?type=rating> (дата обращения: 06.06.2016).

**Ромашова Т.В.** Сезонные ритмы климата и их влияние на развитие эрозии почв (на примере юга Томской области) : дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2004. 239 с.

**Россия** и сопредельные страны: природоохранные, экономические и социальные последствия изменения климата. WWF России, OXFAM. М., 2008. 56 с.

**Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г.** Современное изменение климата. Л. : Гидрометеорологическое издательство Комитета по печати при Совете министров СССР, 1996. 268 с.

**Рутковская Н.В.** Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1979. 116 с.

**Смирнова Ю.** Изменения в погоде происходят год от года // Наука и жизнь. 30.09.2013. URL: <https://www.nkj.ru/news/23187/> (дата обращения: 06.06.2016).

**Соловьев Л.Н.** Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология. М. : Пасья, 2005. 288 с.

**Филандышева Л.Б.** Климатические особенности вегетационной части годового цикла и его фаз на юго-западе Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. 1982.

**Филандышева Л.Б.** Обоснование зональных структурных моделей сезонных ритмов годового цикла на юго-западе Западно-Сибирской равнины // Вопросы географии Сибири : сб. ст. Томск : Том. гос. ун-т, 2009. Вып. 27. С. 148–156.

**Филандышева Л.Б.** Анализ динамических вариантов структуры зимнего сезона года и их климатических характеристик на юго-западе Западно-Сибирской равнины // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 364. С. 196–203.



**Филандышева Л.Б., Сорока А.С.** Изучение ритмов зимнего сезона на юго-западе Западно-Сибирской равнины в свете глобальных изменений климата // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, вып. 2. С. 710–714.

**Фриш В.А., Фриш Э.В.** Сезонная динамика ландшафтов и многолетняя тенденция их развития (на примере Верхнего Поволжья) // Известия Всесоюзного географического общества СССР. 1976. Вып. 2. С. 140–147.

**Шерстюков Б.Г.** Пространственные и сезонные особенности изменений климата в период интенсивного глобального потепления : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Обнинск, 2007. 327 с.

**Шульц Г.Э.** Общая фенология. Л. : Наука, 1981. 186 с.

**Ermakov N., Drng J., Rodwell J.** Classification of continental hemiboreal forest of North Asia. Camerino. Braun-Blanquetia, 2000. V. 28. 131 p.

**Hämet-Ahti L.** The boreal zone and its biotic subdivision // Fennia. 1981. V. 159, № 1. P. 69–75.

**IPCC.** Summary for Policymakers // O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, J.S. Kriemann, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, J.C. Minx editors. Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom ; New York, NY, USA : Cambridge University Press, 2014.

**Ponomarenko S.** Western Siberian hemiboreal forests. 2017. URL: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa0444> (дата обращения: 06.06.2016).

**Romashova T.V.** The role of climatic risks in erosion advancing in the south of Tomsk Region // BioClimLand. 2013. № 2. P. 30–33.

#### Авторы:

**Филандышева Лариса Борисовна**, кандидат географических наук, доцент, кафедра краеведения и туризма, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: [filandysh@sibmail.ru](mailto:filandysh@sibmail.ru)

**Ромашова Татьяна Владимировна**, кандидат географических наук, доцент, кафедра краеведения и туризма, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

E-mail: [romtvtom@rambler.ru](mailto:romtvtom@rambler.ru)

**Юркова Ксения Дмитриевна**, магистрант 1-года обучения, кафедра краеведения и туризма, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия.

*Geosphere Research*, 2017, 3, 16–25. DOI: 10.17223/25421379/4/3

**T.V. Romashova, L.B. Filandysheva, X.D. Yurkova**

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

#### ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF TIME CHARACTERISTICS OF THE SEASONS OF THE YEAR IN THE SUB-BOREAL FOREST (SUB-TAIGA) OF THE WEST SIBERIAN PLAIN IN THE PERIOD FROM 1936 TO 2015

Climate change is one of the main today's challenges. Over the past 130 years the world's temperature has increased approximately by 0,85°C. Sub-boreal forest (sub-taiga) is a natural zone located on the transition from the Southern taiga to broad-leaved forests in Europe and the Far East or to the forest-steppe in Siberia. In physiographic terms the West Siberian sub-boreal forest (sub-taiga) is the southernmost latitude climate belt in the subzone of the Southern taiga of the West Siberian plain. The climate belt includes mixed light coniferous, parvifoliate, and grass layer's forests located between 54 and 56° N (Fig. 1). The choice of the study area is explained by the fact that the biodiversity of the sub-boreal forest (sub-taiga) ecosystems is the highest among the ecosystems of Western Siberia. At the same time the sub-boreal forest (sub-taiga) of the West Siberian Plain is the most developed zone of the region, experiencing and being sensitive to diverse external factors, including climatic ones. In economic and geographic terms sub-boreal forest (sub-taiga) of Western Siberia is occupied by part of the Tomsk and Tyumen regions, which are investment-attractive subjects of Russia. In this regard, in order to develop a strategy for social and economic development of the territories and to substantiate the material and financial costs of enterprises, climate monitoring including studies of the temporal characteristics of the climatic seasons of the year at the regional level is needed.

This article examines changes in temporal characteristics (start dates, end, duration) of seasons in the period from 1936 to 2015, in sub-boreal forest (sub-taiga) of the West Siberian plain, derived from the schedule of average years of average daily air temperature. The foundation of our research was comprehensive genetic method of climate study of N.N. Galakhov and N.V. Rutkovskaya.

For the entire study period (from 1936 to 2015), a positive tendency of the air temperature change in sub-boreal forest (sub-taiga) with almost synchronous coefficient of the linear trend: +0.25°C / 10 years in Tyumen and +0.26°C / 10 years in Tomsk is observed (Fig. 2). On the basis of the obtained daily average air temperatures from 1936 to 2015, we have found the average long-term boundaries of the seasons and their duration for the three above periods (Table).

The analysis shows that in the sub-boreal forest (sub-taiga) of the southeast of the West Siberian Plain the climate warming has been observed since the 1970s. Spatio-temporal trends in the dynamics of the dates of the beginning and the end of the seasons of the year in sub-boreal forest (sub-taiga) were revealed:

1) there is a shift in time characteristics from the first period to two subsequent ones: the dates of the beginning of the spring and summer seasons shifted back and start earlier, the dates of the beginning of the autumn and winter seasons - later, and the dates of the end of the winter and spring seasons - earlier;



- 2) the duration of the seasons of the year changes as well as the ratio between them in the annual cycle;
- 3) domination of different seasons of the year is revealed: in Tyumen - of summer, in Tomsk - of winter;
- 4) sharper changes in temporal characteristics in the western part of the sub-boreal forest (sub-taiga) of Western Siberia;
- 5) recorded a difference in the duration of the main seasons - more than two weeks, and winter - more than a month.

Analysis of the dynamics of natural seasonal rhythms' temporary changes makes it possible to estimate the changing conditions of landscape functioning and to examine the directions for their further development and organization of human economic activity.

**Keywords:** climate change, time characteristics, sub-boreal forest (sub-taiga), the seasons of the year, West Siberian plain.

## REFERENCES

- 21-ya klimaticheskaya konferentsiya OON v Parizhe [21st UN Climate Conference in Paris]: ROSGIDROMET. URL: <http://www.meteorf.ru/activity/international/rkik> (06.06.2016). In Russian
- Bulletin WMO. Hotter, drier, wetter: Face the future. T. 65 (1). 2016. 64 p. URL: [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/bulletin\\_65-1\\_en.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/bulletin_65-1_en.pdf)
- Vize V.Ju. Klimat morej Severnoj Arktiki. Leningrad: Izd-vo Gidrosevmorput', 1970. 124 p. In Russian
- Galahov N.N. *Izuchenie struktury klimaticheskikh sezonov goda* [Study of the structure of the climatic seasons of the year]. Moscow : Izd-vo AN SSSR, 1959. 183p. In Russian
- Gvozdeckij N.A., Mihajlov N.I. *Fizicheskaja geografija SSSR. Aziatskaja chast'* [Physical Geography of the USSR. Asian part]. Moscow : «Mysl'» 1978. 492 p. URL: <http://tapemark.narod.ru/geograf/index.html> (06.06.2016). In Russian
- Gruza G.V., Ran'kova Je.Ja. *Obnaruzhenie izmenenij klimata: sostojanija, izmenchivosti i jekstremal'nosti klimata* [Detection of climate change: the state, variability and extremes of climate] // Trudy Vsemir. konf. po izmeneniju klimata, g. Moskva, 29 sentjabrja-3 oktjabrja 2003 g. Moscow : Pablik print, 2004. pp. 101–110. In Russian
- Doklad ob osobennostjah klimata na territorii Rossijskoj Federaciiza 2016 god* [Report on the peculiarities of climate on the territory of the Russian Federation 2016]. Moscow : Rosgidromet, 2017. 70 p. In Russian
- Drobushhevskaya O.V., Nazimova D.I. *Klimaticheskie variant svetlokhvoynoy nizkogornoy podtaygi Zapadnoj Sibiri* [Climate variants of light coniferous low-mountain subtaiga of Western Siberia] // Geografiya i prirodnye resursy. 2006. № 2. pp. 21–27. In Russian
- Ermakov N.B. *Raznoobrazie boreal'noy rastitel'nosti Severnoj Azii. Gemiboreal'nye lesa. Klassifikatsiya i ordinatsiya* [The diversity of boreal vegetation in North Asia. Gemiboreal scaffolding. Classification and ordination]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2003. 232 p. In Russian
- Izmenenie klimata: obzor Pjatogo ocenoch'nogo doklada MGJeIK, 2013 g. Fizicheskaja nauchnaja osnova* [Climate Change: Review of the IPCC Fifth Assessment Report, 2013 The Physical Science Framework]. Moscow : Vsemirnyj fond dikoiprirody (WWF), 2014. 80pp. In Russian
- Izrael' Y.A., Gruza G.V., Kattsov V.M., Meleshko V.P. Global climate changes. The role of anthropogenic impacts // Russian Meteorology and Hydrology. 2001. № 5. pp. 1–12.
- WHO Media centre. Climate change and health. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/> (21.11.2017)
- Ippolitov N.N., Kabanov M.V., Loginov S.V., Kharyutkina E.V. Structure and Dynamic of Meteorological Fields on the Asian Region of Russia in the Period of the Global Warming for 1975-2005 // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2008. № 1 (4). pp. 323–344. In Russian
- Kuznetsova V.P., Grebenjuk G.N. *Sezonnaja dinamika meteoulovij severnyh territorij (na primere Nizhnevartovskogo rajona)* Seasonal dynamics of meteorological conditions of northern territories (on the example of Nizhnevartovsk region)] <http://www.sworld.com.ua/konfer21/196.htm> (06.06.2016)
- Kurina I.V., Filandysheva L.B., Bokova (Bulatova) U.A., Sapyan Ye.S., Klimova N.I. Research of the climatic seasons of the annual cycle and its influence on the living components of peatland biogeocoenosis (by example of oligotrophic peatland in subtaiga of Western Siberia) // Tomsk State University Journal. 2013. № 376. pp. 182–191. In Russian
- Landshafty* [Landscapes] // Nacional'nyj atlas Rossii/ Gl. red. Nacional'nogo atlasa Rossii A.V. Borodko, gl. red. toma V.M. Kotljakov. T. 2. 2008. 495 pp. URL: <http://xn--80aaaa1bhnlcccl1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/398-399/398-399.html> (06.06.2016). In Russian
- Minin A.A. *Fenologicheskie osobennosti sostojanija jekosistem Russkoj ravniny za poslednie desjatiletija* [Phenological features of the state of the ecosystems of the Russian Plain over the past decades] // Izvestija AN SSSR. Ser. geografich. 2000. № 3. pp. 75–80. In Russian
- Okisheva L.N. *Prostranstvenno-vremennoj analiz klimaticheskikh uslovij sezonnoj ritmiki geosistem Ob'-Enisejskogo Severa* [Spatio-temporal analysis of climatic conditions of seasonal rhythm of the geosystems of the Ob-Yenisei North] // Avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Novosibirsk. 1984. 17 p. In Russian
- Okisheva L.N., Filandysheva L.B. *Vremennaya dinamika i funkcionirovanie landshaftov Zapadnoj Sibiri* [Temporal dynamics and functioning of landscapes of Western Siberia]: Monografiya. Tomsk, 2015. 316 p. In Russian
- Rejting investicionnoj privlekatel'nosti sub'ektov RF na 01.02.2017.* [Rating of investment attractiveness of the constituent entities of the Russian Federation as of 01.02.2017]. URL: <http://www.ra-national.ru/ru/taxonomy/term/90?type=rating> (06.06.2016). In Russian
- Romashova T.V. *Sezonnyeritmyklimatai khvliyanienarazvitie eroziipochv (naprimereyugaTomskoy oblasti)* [Seasonal rhythms of the climate and their influence on the development of soil erosion (on the example of the south of the Tomsk region)]: Avtoref. dis... kand. geogr. nauk. Tomsk, 2004. 239 p. In Russian
- Romashova T.V. The role of climatic risks in erosion advancing in the south of Tomsk Region // BioClimLand. 2013. № 2. pp. 30–33.
- Rossija i sopredel'nye strany: prirodoohrannye, jekonomicheskie i social'nye posledstvija izmenenija klimata* [Russia and neighboring countries: environmental, economic and social consequences of climate change.]. WWF Rosii, OXFAM. Moscow, 2008. 56 p. In Russian

- Rubinshteyn E.S., Polozova L.G. *Sovremennoe izmenenie klimata* [Modern climate change]. Leningrad : Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo Komiteta po pechatu pri Sovete ministrov SSSR, 1996. 268 p. In Russian
- Rutkovskaya N.V. *Klimaticheskaya kharakteristika sezonov goda Tomskoy oblasti* [Climatic characteristics of the seasons of the Tomsk region]. Tomsk : Izd-vo Tomsk. un-ta, 1979. 116 p. In Russian
- Smirnova Ju. *Izmeneniya v pogodeproishodjat god ot goda* [Changes in weather occur year by year] // Nauka i zhizn', 30.09.2013. URL: <https://www.nkj.ru/news/23187> (06.06.2016) In Russian
- Solov'ev L.N. *Biota i klimat v XX stoletii. Regional'naya fenologiya* [Biota and climate in the XX century. Regional phenology]. Moscow : Pas'va, 2005. 288 p. In Russian
- Filandysheva L.B. *Klimaticheskie osobennosti vegetacionnoj chasti godovogo tsikla i ego faz na jugo-zapade Zapadnoj Sibiri* [Climatic features of the vegetative part of the annual cycle and its phases in the southwest of Western Siberia] // avtoref. diss. ...kand. geogr. nauk, 1982. In Russian
- Filandysheva L.B. *Obosnovanie zonal'nykh strukturnykh modeley sezonnykh ritmov godovogo tsikla na jugo-zapade Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Substantiation of zonal structural models of seasonal rhythms of the annual cycle in the southwest of the West Siberian Plain] // Voprosy geografii Sibiri: Sbornik statey. Tomsk: Tomskiy gosudarstvennyy universitet, 2009. Vyp. 27. pp. 148–156. In Russian
- Filandysheva L.B. Analysis of dynamic variants of winter season structure and their climatic characteristics in southwest of West Siberian Plain // Tomsk State University Journal, № 364. 2012. pp. 196–203. In Russian
- Filandysheva L.B., Soroka A.S. Study of winter season periods on south-west of west Siberian Plain within global climate changes // Journal "Tambov University Reports. Series Natural and Technical Sciences". T. 18, Vyp. 2, 2013. pp. 710–714. In Russian
- Frish V.A., Frish Je.V. *Sezonnaya dinamika landshaftov i mnogoletnjaya tendenciya ih razvitiya (na primere Verhnego Povolzh'ja)* [Seasonal dynamics of landscapes and the long-term trend of their development (on the example of the Upper Volga region)] // Izv. Vsesojuzn. geografich. ob-va SSSR, 1976. Vyp. 2. P. 140–147. In Russian
- Sherstyukov B.G. *Prostranstvennye i sezonnye osobennosti izmeneniy klimata v period intensivnogo global'nogo potepeniya* [Spatial and seasonal features of climate change in the period of intensive global warming]: Avtoref. dis. ... doctor geogr. nauk. Obninsk, 2007. 327 p. In Russian
- Shul'c G.Je. *Obshhaya fenologiya* [General phenology]. Leningrad : Nauka, 1981. 186 p. In Russian
- Ermakov N., Drng J., Rodwell J. Classification of continental hemiboreal forest of North Asia. Camerino. Braun-Blanquetia. 2000. V. 28. 131 p.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B., Kriemann JS, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx editors. Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press, 2014.
- Ponomarenko S. Western Siberian hemiboreal forests. 2017. URL: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa0444> (06.06.2016)

#### Author's:

**Filandysheva Larisa B.**, Cand. Sci. (Geogr), Associate Professor, Department of Local History and Tourism, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: [filandysh@sibmail.ru](mailto:filandysh@sibmail.ru)

**Romashova Tatiana V.**, Cand. Sci. (Geogr), Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.

E-mail: [romvtom@rambler.ru](mailto:romvtom@rambler.ru)

**Yurkova Xenia D.**, graduate student, Department of Local History and Tourism, Faculty of Geology and Geography, National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia.