

УДК 551.583

ДИНАМИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА В ЮГАНСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ 1961-2016 ГГ.

Звягина Е.А., Переясловец Т.С.

ФГБУ «Государственный заповедник «Юганский», Угут

myscena@yandex.ru

Приведены современные погодно-климатические и фенологические характеристики территории заповедника «Юганский» в сравнении с характеристиками базового периода 1961-1990 гг. При помощи линейных трендов прослежена динамика погодно-климатических изменений за период существования заповедника. Установлено, что современные условия отличаются от условий базового периода более высокой средней и минимальной годовой температурой. В многолетней динамике сезонов года выявлено уменьшение продолжительности зимы за счет более раннего ее окончания, уменьшение продолжительности периода с устойчивым снежным покровом, увеличение продолжительности бесснежного периода весной, увеличение продолжительности лета за счет более раннего его начала. Изменение погодно-климатических условий отразилось на динамике вегетации березы. Начало сокодвижения и листопада сместились на более ранние сроки. При этом увеличился период между переходом средних температур через 0 °С в сторону повышения и началом сокодвижения.

Ключевые слова: изменение климата, фенология, метеорологические процессы, сезонная динамика, фенологическая периодизация, заповедники, Западная Сибирь

Цитирование: Звягина Е.А., Переясловец Т. С. 2018. Динамика метеорологических показателей и продолжительности вегетационного периода в Юганском заповеднике 1961-2016 гг. // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 9. № 2. С. 28-39.

Citation: Zvyagina E. A., Pereyaslovets T.S. 2018. Long-term phenoclimatic averages of the Yuganskiy Nature Reserve territory and changes for 1961-2016 // Environmental dynamics and global climate change. V. 9. No. 2. P. 28-39.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17816/edgcc10367>

ВВЕДЕНИЕ

Климатические и погодные условия являются одними из ведущих факторов, формирующих условия существования природных комплексов. На фоне наблюдаемой динамики климата изучение данных процессов становится еще более актуальным в экологическом аспекте. Программа экологического мониторинга предусматривает для всех особо охраняемых природных территорий наблюдения за сезонными изменениями погодных показателей, а также регистрацию основных экологических явлений в жизни растений и животных. Накопленные в заповеднике за 34 года (1982-2016 гг.) погодно-климатические и фенологические данные характеризуют локальные проявления континентального климата Западно-Сибирской равнины. Задача систематизации всех имеющихся рядов назрела давно. Специального анализа погодно-климатических условий территории ранее опубликовано не было. В настоящей работе произведена попытка обобщить современные погодно-климатические характеристики района заповедника и сравнить их с соответствующими показателями базового периода 1961-1990 гг., а также проследить современные тенденции изменения климата.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Географические координаты заповедника можно представить самой северной его точкой – 60° 17' с. ш.; 74° 54' в. д., и самой южной – 59° 23' с. ш.; 74° 00' в. д.

Климатические характеристики заповедника типичны для подзоны средней тайги и определяются его географическим положением. Заповедник расположен в амфитеатре центральной части Западно-Сибирской равнины. Удаленность от морей, открытость равнины воздушным массам Арктики и барьерная роль Уральских гор способствуют формированию континентального

климатического режима. Атмосферная циркуляция формируется вторжением с севера холодного воздуха Арктики, с северо-запада – влажного воздуха Атлантики и прогретых континентальных масс умеренных широт из юго-восточной Азии. Их взаимодействие в течение года определяет доминирование в целом антициклонального характера климата. Атлантический воздух, хотя и теряет над Уралом большую часть влаги, все же доносит достаточное ее количество до Западной Сибири, в полной мере обеспечивая ею растительность в вегетационный период. Перенос на юг арктического воздуха летом в основном осуществляется циклонами. Вторжение холода сопровождается заморозками и снегопадами, что существенно сокращает вегетационный период. В годовом режиме ветра прослеживается муссонообразный характер. В зимнее время господствуют южные и юго-западные ветры. Их повторяемость 40-65%. С июня по август преобладают северные ветры. Средняя скорость ветра – 3,1 м/с [Проект организации..., 1988]. Средняя температура января от –22 до –20°C, продолжительность устойчивых морозов менее 150 дней, средняя высота снежного покрова 60 см, средняя температура июля от +16 до +17°C, средняя многолетняя годовая сумма осадков более 650 мм. Средние температуры апреля и октября отрицательные, близкие к 0°C. Вегетационный период начинается в конце мая и заканчивается в сентябре. Через +15°C в сторону повышения средние суточные температуры переходят после 20 июня, продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше +15°C около 50 дней, сумма температур за этот период более 800°C [Сорокина, Божилина, 2004].

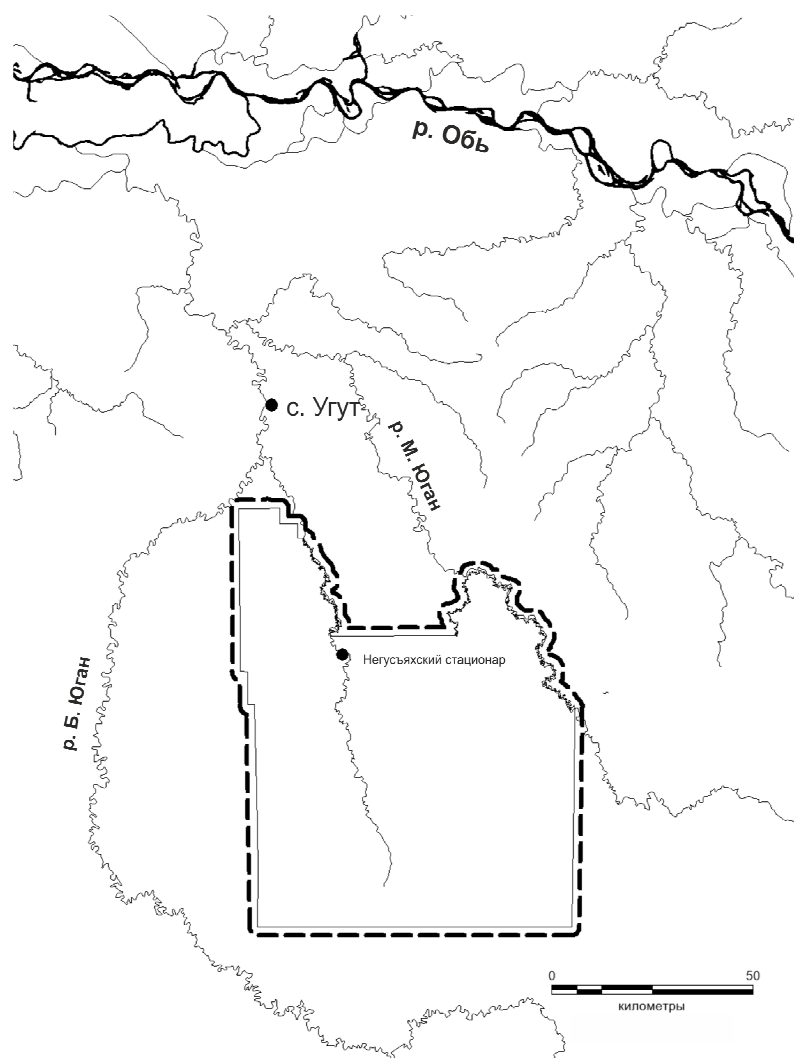


Рис. 1. Схема расположения заповедника «Юганский». Сплошной линией обозначена граница заповедника Юганский, пунктиром – граница охранной зоны.

Согласно геоботаническому районированию, территория относится к подзоне средней тайги Обь-Иртышской геоботанической провинции Западно-Сибирской равнины. Растительность представлена коренными елово-кедровыми лесами с примесью пихты и производными мелколиственно-темнохвойными зеленомошными лесами. Большую площадь занимают короткопроизводные сосновые, березовые и осиновые леса [Растительный покров..., 1985].

Юганский заповедник лежит в обширном междуречьи Большого и Малого Юганов. Бассейн этих рек включает большое количество водоемов и водотоков, среди которых можно выделить наиболее крупные реки – Негус-Ях, Вуя-Яны, Кол-Кочен-Ягун, составляющие основу гидрологической сети заповедника. Сформированные в условиях небольших уклонов речные долины обуславливают медленное и спокойное течение рек, имеющих сильно извилистое русло. Колебания уровня воды в реках достигают 6 м. Ширина русла Негус-Яха в межень 15-20 м, а Малого Югана – 25-30 м.

Заболоченность территории составляет примерно 30%. Преобладают олиготрофные болота, занимающие центральные слабодренированные части междуречий.

Поскольку на территории заповедника отсутствует метеопост, использовались данные метеостанции в с. Угут (центральная усадьба заповедника). Село Угут находится в 25 км на север от ближайшей точки границы заповедника. Фенологические наблюдения велись согласно методическому пособию «Летопись природы в заповедниках СССР» [Филонов, Нухимовская, 1990] на Негусяхском стационаре заповедника в среднем течении реки Негус-Ях в 63 км на юго-восток от села Угут. Схема расположения заповедника приведена на рисунке 1.

Использованные первичные метеоданные частично предоставлены метеостанцией с. Угут и приведены в Летописи природы заповедника, частично получены из базы ВНИИГМИ-МЦД [Булыгина с соавт., 2017]. Необходимо отметить, что в указанных базах данных отсутствуют наблюдения за 1977, 1998, июнь-декабрь 1996 и май 1999 г.

Характеристики современного климата приведены для двух периодов 1961-1990 гг. и 1982-2016 гг. В качестве климатической нормы использованы расчетные показатели для Угутской метеостанции за базовый период 1961-1990 гг., согласно рекомендаций Всемирной метеорологической организации [WMO, 2017]. Поскольку для современного периода свойственны различные климатические изменения, характеристики современного климата целесообразно обновлять [Груза, Ранькова, 2012], в качестве второго взят период, ограниченный годом организации заповедника «Юганский» (1982 г.) и годом максимально приближенным к текущему моменту (2016 г.). Для ряда переменных доступный ряд наблюдений оказался короче – 1985-2016 гг. в связи с тем, что фенологические наблюдения в заповеднике были начаты через три года после его организации.

В основу статистической обработки легли следующие данные: средняя суточная температура воздуха и ее экстремальные значения, месячная, сезонная (в календарных границах) и годовая сумма осадков, число дней с осадками больше 0,1 мм, интенсивность осадков за сутки с осадками, даты перехода средних суточных температур через +5°C весной и через +10°C осенью (как температурные границы вегетационного периода), даты образования и схода снежного покрова, даты перехода средних суточных температур через 0°C и +10°C в сторону повышения и понижения, как границы метеорологических сезонов, даты начала сокодвижения и листопада у березы. Были рассчитаны средние многолетние значения температуры воздуха и количества осадков, продолжительности вегетационного периода в температурных границах переходов через +5°C весной и через +10°C осенью и вегетационного периода березы от начала сокодвижения до начала листопада, число дней с устойчивым снежным покровом, продолжительность метеорологических сезонов в температурных границах. Повторяемость аномалий средних месячных и годовых температур рассчитывали, как долю лет с абсолютными аномалиями температуры в пределах 5 градусов. Пороговые значения градаций назначались исходя из нормирования на стандартное отклонение базового периода [Груза, Ранькова, 2012]: очень холодные годы/месяцы ($\Delta m \leq 2\sigma_6$), холодные ($2\sigma_6 < \Delta m < \sigma_6$), нормальные ($\sigma_6 \leq \Delta m \leq \sigma_6$), теплые ($\sigma_6 < \Delta m < 2\sigma_6$), очень теплые ($\Delta m \geq 2\sigma_6$), где Δm – значение абсолютной аномалии, σ_6 – среднее квадратическое отклонение средней месячной или годовой температуры за базовый период. Для группировки сезонов по срокам наступления использовали следующие градации: своевременные – с началом сезона до 5 суток раньше или позднее средних дат, ранние – с началом на 6–15 суток раньше, очень ранние – с началом на 16 и более суток раньше, поздние – с началом на 6–15 суток позднее, очень поздние – с началом на 16 и более суток позднее [Соловьев, 2005]. По продолжительности сезоны разделяли на основании стандартного отклонения на следующие группы: нормальные – периоды с отклонениями от средних значений не свыше $\pm 0.5\sigma$, укороченные – периоды короче среднестатистических не более чем на 1.5σ включительно, короткие – короче среднестатистических более чем на 1.5σ , удлиненные – периоды длиннее среднестатистических не более чем на 1.5σ включительно, длинные – длиннее среднестатистических более чем на 1.5σ [Крутовская, Буторина, 1975].

Математическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft Excel. Для выявления устойчивых климатических тенденций использовали метод линейных трендов [Исаев,

1988]. Коэффициенты регрессии определяли методом наименьших квадратов. Среднюю скорость изменения зависимой переменной рассчитывали, как средний абсолютный прирост за 10 лет. Существенность линейного уравнения регрессии оценивали при помощи сравнения коэффициента линейной корреляции с табличными значениями. Достоверность различий выборочных средних, долей и коэффициентов линейной регрессии оценивали при помощи t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Температура приземного воздуха

Основные характеристики температуры приземного воздуха в периоды 1961-1990 гг. и 1982-2016 гг. приведены в таблице 1. Видно, что в период 1982-2016 гг. значения средней годовой температуры, а также средних многолетних минимальных температур были выше. Более высокие средние значения суточных температур были характерны для мая, июня и октября, а минимальных ночных – для мая, июня, августа и октября. Средние многолетние минимумы были достоверно более высокими для февраля, марта, мая, июня, августа и октября.

Таблица 1. Многолетние значения температуры приземного воздуха по метеостанции с.Угут (°С).

Период	Месяцы												Год
	янв	февр	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек	
абсолютный минимум за период наблюдений													
1961-1990	-52,8	-50,1	-44,4	-38,4	-16,7	-6,5	0,6	-3,2	-8	-30,4	-47,2	-51,3	-52,8
1982-2016	-50	-47,4	-39,7	-32,1	-16,7	-4,3	1,7	-1,3	-7,8	-24,3	-44,7	-51,3	-51,3
абсолютные минимумы за отдельные годы, осредненные за период													
1961-1990	-42,4	-40,9	-33,4	-23,3	-8,6	-0,7	5,4	1,1	-3,3	-17,9	-32,8	-39,2	-45,6
1982-2016	-39,7	-37,8*	-30,2*	-20,2	-7,0	1,8**	5,9	2,2**	-2,9	-14,9**	-31,6	-38,5	-42,5**
средние за период наблюдений минимальные ночные температуры													
1961-1990	-25,7	-24,1	-15,3	-7,3	0,4	8,2	12,3	8,9	3,8	-4,5	-15,7	-22,0	-6,6
1982-2016	-24,0	-21,8	-13,6	-5,9	2,0**	9,9**	12,8	9,8**	4,3	-2,7**	-14,8	-21,8	-5,3***
средние за период наблюдений значения средней месячной температуры													
1961-1990	-20,8	-18,8	-9,3	-1,9	5,7	13,7	18,0	13,6	7,6	-1,5	-11,6	-17,4	-1,8
1982-2016	-19,8	-17,1	-8,1	-0,6	7,3*	15,3*	18,0	14,4	7,9	0,1*	-11,2	-17,7	-0,8**
средние за период наблюдений значения максимальной суточной температуры													
1961-1990	-16,4	-13,4	-3,4	3,6	11,3	19,4	23,5	18,7	12,2	1,8	-7,7	-13,2	3,1
1982-2016	-15,8	-12,2	-2,6	4,8	13,0	21,0	23,4	19,4	12,3	3,1	-7,7	-13,8	3,8
абсолютные максимумы за отдельные годы, осредненные за период													
1961-1990	-3,3	-1,9	5,8	14,2	24,2	30,9	31,1	26,3	22,3	11,5	2,1	-0,3	32,3
1982-2016	-2,7	-1,7	6,6	15,2	25,9	30,9	30,9	27,5	22,9	12,7	2,2	-1,9	32,4
абсолютные максимумы, осредненные за период													
1961-1990	2	7,2	11,4	20,5	30,9	35	35,6	30,9	28,4	17,2	6,3	11,5	35,6
1982-2016	2,7	4,6	13	25,8	34,5	35	36,4	31,1	28,4	20,3	7	2,5	36,4

Примечания: достоверность различий с базовым периодом 1961–1990 гг.: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$

Если рассматривать период 1961-2016 гг. в целом, видно, что средние годовые температуры достоверно росли. Скорость потепления составила 0,39 °С за 10 лет. Тренд ответственен за 20% суммарной межгодовой изменчивости ($P < 0,001$).

Рост минимальных температур теплых месяцев прослеживался как в 1961-1990 гг., так и 1982–2016 гг. В течение периода 1982-2016 гг. росли минимальные температуры апреля, мая, июня и августа, а также средние месячные ночные температуры сентября (таблица 2).

Повторяемость аномалий средней месячной и годовой температуры в период 1982-2016 гг. приведена в таблице 3. Установлено, что по сравнению с 1961-1990 гг. в 1982-2016 гг. чаще были отмечены положительные аномалии средней месячной температуры. Основной вклад в повышение

частоты положительных аномалий внесли шесть лет с очень теплым апрелем, двенадцать лет с теплым маем, и десять с теплым октябрём. Определенную роль в повышении средней годовой температуры сыграло то, что в период 1982-2016 гг. отсутствовали значимые отрицательные аномалии средней температуры мая и августа, а также средней годовой температуры в целом. Наибольшее количество положительных аномалий средней месячной и годовой температуры пришлось на вторую половину периода. Так в отношении средней годовой температуры с 1982 по 1999 г. было четыре теплых года (1983, 1988, 1989, 1991) и один очень теплый (1995), а с 2000 по 2016 г. – девять теплых лет (2003, 2005, 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016).

Таблица 2. Тенденции изменения температуры приземного воздуха.

Период	Показатель тренда	Месяцы												Год
		январь	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сент	окт	нояб	дек	
	абсолютные минимумы за отдельные годы, осредненные за период ¹													
1961-1990	Δ, °C/10 лет	#	#	#	#	#	1,1	#	#	#	2,4	#	#	#
	R ² , %						15				13			
1982-2016	Δ, °C/10 лет	#	#	#	2,4	1,5	1,3	#	0,6	#	#	#	#	#
	R ² , %				11	20	17		15					
	средние за период наблюдений минимальные ночные температуры ¹													
1961-1990	Δ, °C/10 лет	#	#	#	#	#	0,7	#	0,5	#	#	#	#	0,7
	R ² , %						25		14					14
1982-2016	Δ, °C/10 лет	#	#	#	#	#	#	#	#	0,5	#	#	#	#
	R ² , %									12				

Примечания: ¹ - для средних суточных и максимальных температур тренды не достоверны, # - тренд не достоверен, Δ – средний абсолютный прирост в 10 лет, R^2 – коэффициент детерминации

Абсолютный минимум за период 1982-2016 гг. составил $-51,3^{\circ}\text{C}$, наблюдался в декабре 1984 г. и был на два градуса выше значений абсолютного минимума для базового периода 1961-1990 гг. Температуры близкие к минимальным (-50°C) за 34 года наблюдались дважды: в январе 2006 и в декабре 2016 гг. Сильный мороз – минимальные температуры воздуха -45°C и ниже в течение трех суток и более [Перечень и критерии..., 2014], были отмечены дважды: в 2006 г. с 10 по 13 января (от -50°C до $-46,5^{\circ}\text{C}$) и с 20 по 23 декабря 2016 г. (от $-50,2^{\circ}\text{C}$ до $-46,5^{\circ}\text{C}$). Минимальная температура воздуха -35°C и ниже за 34 года отмечена 408 раз, повторяемость составила 7%.

Метеорологические условия, приводящие к повреждению или частичной, или полной гибели растений, в период активной вегетации, такие как минимальные суточные температуры ниже 0°C при положительных средних суточных с апреля по конец августа [Перечень и критерии..., 2014] за 34 года существования заповедника наблюдались 726 раз, повторяемость составила 18 %.

Абсолютный максимум за период 1982-2016 гг. составил $+36,4^{\circ}\text{C}$, наблюдался в июле 2012 г. и был близким к абсолютному максимуму базового периода. Сильная жара – $+33^{\circ}\text{C}$ и более в течение 3 и более дней, как опасное метеорологическое явление [Перечень и критерии..., 2014], наблюдалась 1 раз с 19 по 21 июля 2012 г.

Абсолютная амплитуда температур за период с 1982–2016 гг. составила $87,7^{\circ}\text{C}$ и была на $1,3^{\circ}\text{C}$ меньше многолетних значений 1961-1990 гг. (89°C). Границы колебаний температуры сдвинулись в положительную сторону по отношению к многолетним значениям, приведенным для метеостанции Угут при организации заповедника: $-55,5^{\circ}\text{C}$ и $+32,5^{\circ}\text{C}$ [Проект организации..., 1988].

Сумма осадков

Основное количество осадков район Обь-Иртышского междуречья, где находится заповедник, получает от атлантических воздушных масс. С учетом влаги более сухих юго-западных континентальных потоков воздуха, территория, на которой расположен заповедник, получает максимальное для Западной Сибири количество осадков [Проект организации..., 1988]. Многолетние характеристики осадков за периоды 1961-1990 гг. и 1982-2016 гг. приведены в таблице 4. Средняя многолетняя годовая сумма осадков за период 1982-2016 гг. составила 592,4 мм, что близко к норме за период 1961-1990 гг. (604,2 мм). Колебания наблюдались от 437,4 до 821,7 мм. Таким образом, амплитуда колебаний годовых сумм осадков составила 384,3 мм. Тенденции к изменению годовой суммы осадков не выявлено.

В период 1982-2016 гг. самое большое количество осадков выпадало в августе (в среднем 80 мм), наименьшее – в феврале (24 мм). По сезонам наибольшее количество осадков приходилось на летние месяцы июнь, июль и август (212 мм), наименьшее – на зимние (90,2 мм). Около половины годовой суммы осадков (258 мм) выпадало в вегетационный период с постепенным увеличением до августа и уменьшением в сентябре. Эти значения были близки к соответствующим показателям базового периода.

Большая роль в режиме увлажнения принадлежит снежному покрову – третья часть годовой суммы осадков (163,7 мм) на данной территории выпадает в виде снега. Снежный покров предохраняет почву от промерзания и создает благоприятные условия для корневых систем растений. Средние даты установления и схода снежного покрова за период 1985-2016 гг. указаны в таблице 5. В период 1985-2016 гг. снежный покров устанавливался в конце октября, нарастал до 69 см в марте, достигая в отдельные годы 83 см, и сходил в конце апреля – начале мая. Средняя многолетняя продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составила 185 дней. В 1985-2016 гг. продолжительность периода с устойчивым снежным покровом уменьшалась линейно, скорость сокращения составила 7,1 дня за 10 лет. Даты установления снежного покрова незначительно сдвинулись на более поздние сроки. Основной вклад в сокращение периода с устойчивым снежным покровом внесло смещение на более ранние сроки дат схода снега на 3,4 дня за 10 лет. При этом увеличивался лаг между переходом средних суточных температур через 0°C в сторону повышения и сходом снежного покрова на 3,2 дня за 10 лет.

В 1985-2016 гг. наибольшее среднее многолетнее число дней с осадками больше 0,1 мм наблюдалось в октябре, ноябре, декабре и январе (по 18-20), наименьшее – с апреля по июль (по 12-13). В течение года средняя интенсивность осадков составила 3,1 мм за сутки с осадками и была близка к 1961-1990 гг. (таблица 3). Преобладали дни с осадками от 1 до 4,9 мм, их число в году в среднем составило 98 и изменялось от 74 до 134.

Таблица 3. Средние многолетние характеристики атмосферных осадков по метеостанции с.Угут.

Период	Сумма осадков, мм		Число дней с осадками		Интенсивность осадков мм/сутки с осадками	
	1961–1990	1982–2016	1961–1990	1982–2016	1961–1990	1982–2016
Январь	33,1	30,6	18,9	18,2	1,7	1,6
Февраль	23,1	24,0	13,4	14,6	1,6	1,6
Март	23,6	29,4	13,8	14,1	1,7	2,0
Апрель	37,6	35,1	13,4	12,9	2,7	2,7
Май	43,1	52,5	13,2	13,6	3,1	3,9*
Июнь	78,3	70,1	14,5	13,3	5,4	5,3
Июль	75,9	66,3	13,7	12,3	5,3	5,1
Август	85,8	80,5	16,3	15,4	5,0	5,2
Сентябрь	60,7	61,5	16,2	15,0	3,7	3,9
Октябрь	54,5	52,3	19,0	18,9	2,9	2,7
Ноябрь	52,3	47,0	19,9	19,5	2,6	2,4
Декабрь	36,2	39,6	18,9	20,2	1,9	1,9
Год	604,2	592,4	191,1	189,4	3,2	3,1

Примечания: достоверность различий: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$

Продолжительность сезонов

Продолжительность сезонов и даты их смены представлены в таблице 5. Средняя многолетняя продолжительность зимы за период с 1982 по 2016 г. составила 182 дня, лета – 102 дня. Весна длилась в среднем 46 дней, осень – 36 дней.

Зима

Начало сезона – устойчивый переход средних суточных температур через 0°C к более низким температурам. В исследуемый период зима в среднем наступала 20 октября, заканчивалась 18 апреля. Сроки начала зимы варьировали в пределах 45 дней, окончания 48 дней. Распределение дат начала зимы в период с 1982 по 2016 г. практически симметричное, своевременно зима наступала в 47% случаев, раннее и позднее начало зимы наблюдалось в 27% лет (таблица 4). Сравнение соотношений своевременных и отклоняющихся дат наступления зимы в конце 20 (1982-2000 гг.) и начале 21 (2001-

2016 гг.) века показало, что с 11 до 38% увеличилась повторяемость ранних зим и с 0 до 13% возросла повторяемость очень поздних, при этом повторяемость своевременного наступления зимнего сезона сократилась с 56 до 38%. Следовательно, в начале 21 века возросла изменчивость сроков наступления зимнего сезона.

Таблица 4. Распределение сезонов по срокам наступления и продолжительности (%) в периоды 1982-2000 гг. и 2001-2016 гг.

Распределение сезонов по срокам наступления 1982-2000/2001-2016 гг.					
сезон	очень ранние	ранние	своевременные	поздние	очень поздние
весна	11/13	17/31	22/38	28/13	22/6
лето	6/13	0/19	50/44	19/25	25/0
осень	0/0	17/31	50/50	22/13	11/6
зима	6/0	11/38	56/38	28/13	0/13
Распределение сезонов по продолжительности 1982-2000/2001-2016 гг.					
	короткие	укороченные	нормальные	удлиненные	длинные
весна	6/6	31/31	31/31	25/31	6/0
лето	13/0	38/31	13/44	31/13	6/13
осень	6/6	35/25	35/44	18/6	6/19
зима	6/6	35/25	35/50	18/19	6/0

Продолжительность зимы изменялась в пределах от 143 до 211 дней, стандартное отклонение составило 17 дней. Соотношение лет с короткой, укороченной, нормальной, удлиненной и длинной зимой за период с 1982 по 2016 г. составило – 6:16:50:25:3%. Продолжительная зима наблюдалась в 1983 г. и длилась 221 день, короткие (143 дня) в 1995 и 2011 гг.

За 32 года продолжительность зимы достоверно уменьшилась (7,7 дней/10 лет). Сокращение продолжительности произошло за счет того, что в начале 21 века повторяемость укороченных зимних сезонов увеличилась в 4 раза, при этом повторяемость сезонов средней продолжительности не изменилась.

Весна

Начинается с переходом средних суточных температур через 0°C в сторону повышения. Средняя дата наступления весны в период с 1982-2016 гг. – 18 апреля. Самая ранняя дата начала весны – 22 марта, самая поздняя – 9 мая. Даты наступления весны более изменчивы, чем даты наступления зимы. Очень ранние весны (наступившие на 16 и более дней раньше средней даты) были отмечены в 1995, 1997, 2012, и 2016 гг., очень поздние – в 1983, 1986, 1989, 1992 и 2006 гг.

В период с 1982-2016 гг. видны изменения сроков наступления весны. В конце 20 века распределение дат начала весны было смещено вправо, за счет низкой повторяемости своевременных сезонов и высокой – поздних весен. В начале 21 века выросла повторяемость своевременных и ранних весен, и распределение сместилось влево. В результате, для дат начала весны отмечен достоверный отрицательный тренд. Сдвиг дат начала весны к более ранним срокам составил 6,1 день за 10 лет.

Средняя продолжительность сезона составила 46 дней, максимальная – 89, минимальная – 21. Тренд изменения продолжительности весны не достоверен.

Лето

Сроки наступления лета варьировали от 12 мая до 26 июня, в среднем оно наступало 2 июня с устойчивым переходом средних суточных температур +10°C в сторону повышения. Распределение дат начала сезона в период с 1982 по 2016 г. смещено в сторону поздних (22%) и очень поздних (13%). Тем не менее, с 1982 по 2016 г. прослеживается достоверная тенденция к более раннему наступлению лета на 5,1 дней за 10 лет. Сравнение периодов 1982-2000 гг. и 2001-2016 гг. показало, что смещение начала лета к более ранним датам объясняется тем, что в конце 20 века очень поздние и поздние летние сезоны в сумме составили 44%. В начале 21 века распределение существенно

сместилось в сторону очень ранних (13%) и ранних (19%). Очень позднее лето было отмечено в 1985, 1987, 1992 и 1995 гг., очень раннее – в 2000, 2005 и 2015 гг.

Средняя продолжительность лета – 102 дня, самое короткое лето длилось 68 дней, самое длинное – 133. Продолжительность лета характеризовалось большой изменчивостью. Повторяемость сезонов средней продолжительности составила всего 28%. С 1982 по 2016 г. прослеживается тенденция увеличения продолжительности лета на 5,9 дней за 10 лет. Короткое лето (менее 78 дней) было отмечено в 1985 и 1992 гг., длинное (более 126 дней) – в 1991, 2005 и 2016 гг.

Осень

Начиналась осень в среднем 13 сентября переходом средних суточных температур $+10^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения, амплитуда колебания дат составила 35 дней. В 50% лет осень наступала своевременно.

Осень – самый короткий сезон, ее средняя продолжительность составила 36 дней. Очень короткая осень (меньше 17 дней) была отмечена в 1991 г. (16 дней) и в 2016 (12 дней), длинная (больше 55 дней) – в 1983, 2007, 2008 и 2010 гг.

Таким образом, за исследуемый период произошло изменение продолжительности зимы и лета. Оно обусловлено смещением дат перехода через 0°C и $+10^{\circ}\text{C}$ к более высоким температурам на более ранние сроки, следовательно, весна и лето стали наступать раньше. Даты перехода через $+10^{\circ}\text{C}$ и 0°C к более низким температурам не изменились и, как следствие, зима стала короче, а лето длиннее. Кроме того, в начале 21 века по отношению к концу 20 уменьшилась изменчивость дат перехода средней температуры через 0°C весной.

Вегетационный период

С установлением средней суточной температуры воздуха выше 0°C начинается весеннее оживление организмов, а последующие циклы жизнедеятельности определяются постепенным увеличением суммы биологически активных температур. На состояние растений наиболее сильно сказывается действие температуры в первой половине вегетации (до зацветания) [Соловьев, 2005]. Даты переходов температур через критические значения и продолжительность периодов приведены в таблице 5. Лаг между переходом средних температур через 0°C и через $+5^{\circ}\text{C}$ весной в среднем составил 18 дней и изменялся в пределах от 1 до 48 дней. Временной ход продолжительности этого периода имел достоверный положительный тренд за счет более раннего перехода средних температур через 0°C . Увеличение лага между переходом средних температур через 0°C и через $+5^{\circ}\text{C}$ составило 9,2 дня за 10 лет.

Даты устойчивого перехода средних температур через $+5^{\circ}\text{C}$ весной и через $+10^{\circ}\text{C}$ осенью были взяты для определения границ вегетационного периода, поскольку при этих температурных условиях наступает начало и конец вегетации растений [Филонов, Нухимовская, 1990]. Вегетационный период в 1982-2016 гг. начинался в среднем в первых числах мая (таблица 5) и заканчивался во второй декаде сентября, продолжительность его в среднем за 31 год составила 127 дней. За исследуемый период даты наступления и окончания достоверно не изменились.

В последнем десятилетии 20 века часто наблюдался большой разброс значений продолжительности вегетационного периода, пики до 150-170 дней сменялись спадами до 110. В начале двухтысячных годов изменчивость продолжительности вегетационного периода резко сократилась. Продолжительность, начиная с 2000 г. флуктуировала вокруг 120 дней (± 10), за исключением пика 2011 г. и спада 2013 г. В 2011 г. наблюдались очень теплые апрель и сентябрь (таблица 6). Продолжительность вегетационного периода в этом году была больше средней за счет позднего перехода через $+10^{\circ}\text{C}$ осенью. В 2013 г., несмотря на своевременное начало весны и сход снега, переход через $+5^{\circ}\text{C}$ произошел на месяц позднее средних дат. Метеорологические даты начала весны и продолжительность вегетационного периода в температурных границах были сопоставлены с продолжительностью вегетации березы от начала сокодвижения до начала листопада.

Продолжительность вегетации березы коррелировала с продолжительностью вегетационного периода в температурных границах ($r=0,49$) и средней температурой апреля ($r=0,62$). Начало сокодвижения напрямую зависело от перехода средних температур через 0°C весной ($r=0,9$). Сокодвижение у березы начиналось в среднем через 5 дней после перехода средних температур через 0°C и на 16 дней раньше перехода суточных температур через $+5^{\circ}\text{C}$. В период 1982-2016 гг. лаг между переходом через 0°C весной и началом сокодвижения у березы увеличивался на 3,1 дня за 10 лет, а лаг между началом сокодвижения и переходом через $+5^{\circ}\text{C}$ сокращался на 5,5 дней за 10 лет. Интересно, что в 1985, 1990 и 2003 гг. сокодвижение у березы начиналось на 3, 1 и 10 дней раньше устойчивого перехода средней суточной температуры через 0°C . Так, в 2003 г. устойчивый переход через 0°C произошел 1 мая, а сокодвижение наблюдалось с 21 апреля.

Скорость смещения дат начала вегетации березы на более ранние сроки составила 4 дня за 10 лет. Однако продолжительность вегетации березы достоверно не изменилась, потому что конец вегетации синхронно достоверно смещался на более ранние сроки (4,5 дня за 10 лет).

Полученные нами результаты согласуются с тенденцией изменения границ вегетационного периода растений в сторону более раннего его наступления, отмеченной во второй половине 20 – начале 21 века в Северном полушарии [Соловьев, 2005]. Однако в отличие от упомянутой тенденции в нашем случае, произошло синхронное смещение на более ранние даты и начала листопада.

Таблица 5. Основные фено-даты и продолжительность периодов между ними, 1982-2016 гг.

Параметр	m±Sm	n	R ² ,%	Δ, д./10 лет
Дата установления снежного покрова	26 октября ± 2	32		
Дата схода снежного покрова	25 апреля ± 2	29	11	-3,7•
Дата перехода средних температур через 0°C весной	18 апреля ± 2	34	22	-6,1•••
Дата перехода средних температур через +5°C весной	7 мая ± 2	31		
Дата перехода средних температур через +10°C в сторону повышения	02 апреля ± 2	32	19	-5,1•••
Дата перехода средних температур через +10°C в сторону понижения	13 сентября ± 1	34		
Дата перехода средних температур через 0°C в сторону понижения	20 октября ± 2	33		
Береза, дата начала сокодвижения	22 апреля ± 2	27	16	-4,0•
Береза, дата начала листопада	1 сентября ± 2	29	19	-4,5••
Зима, д.	182±3	32	19	-7,7••
Весна, д.	46±3	32		
Лето, д.	102±3	32	13	5,9•
Осень, д.	36±2	33		
Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом, д.	184±3	28	16	-7,7•
Лаг между переходом средних температур через 0 °C весной и сходом снежного покрова, д.	11±1	28	20	3,3•••
Лаг между переходом средних температур через 0 °C и +5°C весной, д.	18±3	29	26	9,2•••
Продолжительность вегетационного периода в температурных границах, д.	127±3	30		
Лаг между началом сокодвижения у березы и переходом средних температур через 0 °C весной, д.	5±1	27	15	3,1•
Лаг между началом сокодвижения у березы и переходом средних температур через +5°C весной, д.	-16±2	26	11	-5,5•
Береза, продолжительность вегетационного периода, д	128±3	23		

Примечания: m – среднее значение, Sm – ошибка среднего, д. – дней, Δ – средний абсолютный прирост за 10 лет, R² – коэффициент детерминации. Достоверность тренда: • – P<0,05, •• – P<0,01, ••• – P<0,001

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уточненные в результате проведенного анализа климатические характеристики территории заповедника по метеостанции ГМС Угут за период 1982-2016 гг.: средняя годовая температура воздуха -0,9±0,2°C, средняя температура января -19,8±0,8°C, средняя температура июля 18,0±0,3°C, абсолютный минимум за период 1961-2016 гг. -51,3°C, абсолютный минимум +36,4°C, годовая сумма осадков 592,4±17,6 мм, число дней с осадками 189±3. Продолжительность периода с устойчивыми морозами 182±3 дня. Сильные и продолжительные морозы (ниже -45°C в течение 3 и более дней), как опасное метеорологическое явление наблюдаются примерно 1 раз в 10 лет. Повторяемость низких температур в зимний период, при которых работа на открытом воздухе сопряжена с высоким риском обморожений (-35°C и ниже) довольно высока и составляет 7%. Повторяемость метеорологических условий, приводящих к повреждению или частичной, или полной гибели растений, в период активной вегетации составляет 18%. Сильная жара, как опасное метеорологическое явление, маловероятна, но возможна. Средняя температура апреля -0,6±0,7°C, средняя температура октября 0,1±0,4°C.

Таблица 6. Повторяемость аномалий средней месячной и средней годовой температуры (%) в 1982-2016 гг. и годы с аномалиями температуры, превышающими стандартное отклонение. $\sigma_6 \leq \Delta m \leq \sigma_6$

Период	Параметр	Очень холодные $\Delta m \leq 2\sigma_6$	Холодные $-2\sigma_6 < \Delta m < \sigma_6$	Нормальные $\sigma_6 \leq \Delta m \leq \sigma_6$	Теплые $\sigma_6 < \Delta m < 2\sigma_6$	Очень теплые $\Delta m \geq 2\sigma_6$	N
Янв	р, % годы	3 2006	6 2001, 2010	74	15 1983, 1985, 1991, 1993, 1995	3 2007	34
Фев	р, % годы	0	15 1985, 1994, 2007, 2010, 2014	62	15 1983, 1992, 1999, 2008, 2015	9 1995, 2002, 2016	34
Март	р, % годы	3 1999	12 1982, 1991, 2004, 2013	68	18 1989, 1990, 1997, 2000, 2008, 2014	0	34
Апр	р, % годы	6 1984, 1992	12 1989, 1996, 2004, 2006	50	15 1982, 2000, 2009, 2012, 2015	18* 1991, 1995, 1997, 2007, 2011, 2016	34
Май	р, % годы	3 1983	0 -	52	36* 1982, 1987, 1989, 1991, 1995, 1997, 2000, 2003, 2005, 2011, 2012, 2016	9 2001, 2004, 2015	33
Июнь	р, % годы	3 1992	6 1987, 1995	45*	24 1982, 1990, 1993, 2000, 2003, 2004, 2005, 2016	21 1983, 1991, 1994, 2006, 2011, 2012, 2015	33
Июль	р, % годы	3 1997	15 2001, 2010, 2011, 2014, 2015	58	24 1988, 1989, 1990, 1993, 2007, 2012, 2013, 2016	0 -	33
Август	р, % годы	0 -	0* -	76	18 1988, 1993, 1995, 2001, 2009, 2013	6 2003, 2016	33
Сент	р, % годы	0 -	9 1986, 1992, 2014	73	12 1991, 2005, 2009, 2012	6 2011, 2016	33
Окт	р, % годы	0 -	6 1982, 2014	61	33** 1983, 1991, 1994, 1997, 1999, 2003, 2005, 2007, 2008, 2010, 2011,	0 -	33
Нояб	р, % годы	0 -	9 1984, 1987, 2016	76	15 1986, 2004, 2005, 2008, 2013	0 -	33
Дек	р, % годы	0 -	31* 1984, 1986, 1997, 2000, 2002, 2004, 2009, 2010, 2012, 2016	50	19 1982, 1983, 1988, 2003, 2006, 2013	0 -	32
Год	р, % годы	0 -	0* -	56	41 1983, 1988, 1989, 1991, 2003, 2005, 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016	3 1995	32
Доля месячных аномалий	р, %	2	10	62	20*	6***	399®

Примечания: Δm – аномалия средней месячной температуры, σ_6 – среднее квадратическое отклонение за базовый период 1961–1990 гг., ® - общее число месяцев. Достоверность различий с базовым периодом 1961–1990 гг.: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$

Дата начала периода накопления эффективных температур (выше $+5^{\circ}\text{C}$) 07 мая ± 2 дня. Переход через $+10^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения 02 апреля ± 2 дня. Переход через $+10^{\circ}\text{C}$ в сторону понижения 13 сентября ± 1 день. Продолжительность вегетации березы 128 ± 3 дня, сокодвижение начинается во второй декаде апреля, листопад – в первой декаде сентября.

По отношению к базовому периоду период 1982-2016 гг. отличается более высокой средней годовой температурой за счет более высокой температуры теплых месяцев и октября, более высокой минимальной температурой. При этом суммы осадков, их интенсивность и число дней с осадками для текущего и базового периодов близки по значению.

Для временного хода климатических характеристик периода 1982-2016 гг. выявлены следующие тенденции: 1) повышались минимальные температуры теплых месяцев; 2) уменьшилась продолжительность зимы за счет более раннего ее окончания; 3) уменьшилась продолжительность периода с устойчивым снежным покровом за счет более раннего схода снега; 4) уменьшилась изменчивость дат наступления весны; 5) увеличилась продолжительность периода между переходом средних температур через 0°C весной и началом накопления эффективных температур; 6) начало сокодвижения у березы сместилось на более ранние сроки; 7) лето стало наступать раньше, и увеличилась его продолжительность. При этом продолжительность вегетационного периода в температурных границах и продолжительность вегетации березы не имели значимых трендов.

Тенденции изменения климатических характеристик по метеостанции ГМС Угут, согласуются с общей тенденцией роста средних температур [Алексеев с соавт., 2014]. Рост температур происходил без синхронного увеличения количества осадков, что ранее было показано для центральной и южной части Западной Сибири [Днепровская, Полищук, 2007; Сухова, Журавлева, 2017]. Многолетняя тенденция изменения критических дат смены сезонов и регистрации фенологических явлений, соответствует общей закономерности увеличения продолжительности теплого периода и более раннего начала вегетации за счет уменьшения продолжительности зимы, характерной для высоких и умеренных широт Северного полушария в целом. [Соловьев, 2005].

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Г. В., Ананичева М. Д., Анисимов О. А. и др. 2014. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. Росгидромет. 59 с.
- Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. 2017. «Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (TTTR) Электронный ресурс. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation> (дата обращения 02.02.2017)
- Груза Г.В., Ранькова Э. Я. 2012. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 194 с.
- Днепровская В. П., Полищук Ю. М. 2007. Исследование взаимосвязи климатического состояния и пространственной структуры растительного покрова в Западной Сибири // Вестник Югорского государственного университета. Выпуск 6. С. 31-38.
- Крутовская Е. А., Буторина Т. Н. 1975. Календарь природы заповедника «Столбы» // Труды заповедника «Столбы». Красноярск. Вып. 10. С. 77-179.
- Перечень и критерии опасных природных явлений, действующие на территории деятельности ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС». Приложение № 1 к приказу ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» от 18.04.2014 № 93
- Проект организации и развития лесного хозяйства Государственного заповедника «Юганский» главного управления охотничьего хозяйства и заповедников при Совете министров РСФСР. Том 1. Объяснительная записка. Новосибирск, 1988. 320 с.
- Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 251 с.
- Соловьев А. Н. 2005. Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология. М.: Пасьева, 288 с.
- Сорокина В. Н., Божилкина Е.А. 2004. Климат // Атлас Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Т. 2. Природа и экология. Ханты-Мансийск, М. С. 37-38.
- Сухова М. Г., Журавлева О.В., 2017. Динамика изменения температуры воздуха и осадков в Чуйской котловине // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. № 1. С. 124-129. DOI 10.18522/0321-3005-2017-1-124-129.
- Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. 1990. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие. М.: Наука. 143 с.
- World Meteorological Organization, 2017. Guidelines on the Calculation of Climate Normals. Geneva, 19 p.

LONG-TERM PHENOCLIMATIC AVERAGES OF THE YUGANSKIY NATURE RESERVE TERRITORY AND CHANGES FOR 1961–2016

Zvyagina E.A., Pereyaslovets T.S.

Yuganskiy Nature Reserve

In light of the observed global climate changes in recent decades, we studied the local climate indicators and explored the possible links between the spring and autumn phenophases and climate data changes in the Yuganskiy nature reserve (N 60° 17'; E74° 54' – N59° 23'; E74° 00') in 1982-2016. The collected climate data include daily average, maximum and minimum temperatures, daily precipitation amount and intensity, and number of days with precipitation of 0.1mm or more, monthly average of snow depths, dates of first and last occurrence of daily mean temperatures 0, +5, +10°C through the year. Timing of sap movement and leaf fall start were used as the spring and autumn indicators of birch (Bétula péndula) phenology. The mean value of weather averages in the 30-year period of 1961-1990 was used as reference. Trends were calculated using linear least squares regression. Statistical significance was determined by calculating the standard error of the trend estimate.

We found that the annual mean temperature has increased from –1.9°C (1961-1990) to –0.8° C (1982-2016), with corroborating indicators including increased temperature of the coldest night of the year from –53°C (1961-1990) to –51.3° C (1982-2016) and increased frequency of significant positive temperature anomalies from 21% (1961-1990) to 37% (1982-2016). May, June, August and October nights have become successively warmer. The air temperature increase was not accompanied by a corresponding increase in precipitation.

Statistically significant trends toward earlier onset of spring and summer from 1982 to 2016 were observed. The date of the last spring freeze has been advancing by 6.1 days per decade since 1982. A freeze-free season has lengthened by 7.7 days per decade. Linear trend of the snowmelt timing was –3.7 days per decade. Permanent snow cover period has been shortening by 7.7 days per decade. The date of the first occurrence of the daily mean temperatures of +10° C has been advancing by 5.1 days per decade. However, the 0 – +5° C lag has been lengthening significantly by 9.2 days per decade, and the number of biologically effective degree days (base +5C) has not statistically changed.

Sap flux and leaf fall timing of B. pendula have been advancing almost simultaneously by 4.0 and 4.2 days per decade since 1985. Sap flux beginning and last spring freeze date have been found to be linearly correlated ($r=0.904$). The average lag of them was 5 ± 1 days and has been lengthening by 3 days per decade (1985–2016).

Key words: *climate warming, sap flux beginning, leaf fall, nature reserve, Western Siberia.*

Citation: Zvyagina E.A., Pereyaslovets T.S. 2018. Long-term phenoclimatic averages of the Yuganskiy Nature Reserve territory and changes for 1961-2016 // Environmental dynamics and global climate change. V. 9. No. 2. P. 28-39.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17816/edgcc10367>

Поступила в печать: 14.06.2018
Переработанный вариант: 25.09.2018