

# ЭКОЛОГИЯ - ECOLOGY

УДК 911.52:631:551.50  
МРНТИ 39.19.31  
DOI 10.37238/1680-0761.2022.87(3).127

Ромашова Т.В.\*, Миносян М.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томск, Россия

\*Автор-корреспондент: [romvtom@rambler.ru](mailto:romvtom@rambler.ru)

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

## ПОВТОРЯЕМОСТЬ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ В АГРОЛАНДШАФТАХ ТОМСКОГО РАЙОНА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аннотация.** В России засухи имеют распространение даже в Сибири, в том числе на территории Томской области. Одним и самых важных последствий явления засухи считается его влияние на биопродуктивность сельскохозяйственных культур, то есть поддержание определенной скорости воспроизводства, которая выражается через валовые сборы и урожайность культур. Статья посвящена исследованию повторяемости почвенной засухи в одном из главных сельскохозяйственных районов Томской области – Томском районе. По формуле Педя были рассчитаны показатели атмосферно-почвенного увлажнения для каждого месяца (апрель-октябрь) периода 1966-2018 гг. В результате было установлено, что итоговые показатели различаются по степени интенсивности. Изучение засушливых явлений показало, что они имели 20 % повторяемость в рассматриваемый период времени. Материалы исследования являются информационной основой для мониторинга условий, влияющих на социально-экономическое развитие региона.

**Ключевые слова:** агроландшафты; почвенная и атмосферная засуха; индекс Педя; интенсивность засух; потепление климата; Томская область.

### *Введение*

Продовольственная проблема относится к числу глобальных проблем человечества. Она становится источником социальной и политической напряженности, конфликтности; отрицательно влияет на состояние здоровья людей, качество рабочей силы и производительность труда, то есть препятствует экономическому росту. Производство продуктов питания по объемам, качеству и эффективности неравномерно по регионам планеты. Российская Федерация не относится к странам, где продовольственная проблема актуальна, однако каждый её субъект стремится повысить уровень своей продовольственной безопасности. Для этого необходимо учитывать, прежде всего, все природные факторы, влияющие на биопродуктивность агроландшафтов, особенно тех, где выращиваются зерновые культуры. Одной из главных продовольственных культур в мире и в России, в т.ч. в Западной Сибири, является пшеница.

Для пшеницы, как и другой сельскохозяйственной культуры, нужны определенные агроэкологические условия произрастания. К ним относятся – суммы активных температур, режим увлажнения и освещения, качество почв. Одним из важнейших условий, который влияет на формирование естественной основы производства, является климат и погодные

условия конкретного года, в том числе неблагоприятные явления. Например, известно об огромном ущербе, который наносят засухи для большинства зерновых культур в обширных районах земного шара. Засухи зафиксированы на 30% территории страны, в том числе даже в Западной Сибири, где их повторяемость составляет 13% [1]. В связи с этим проблема изучения засух является одной из важнейших в агрометеорологии и агроклиматологии на всех уровнях пространственной иерархии (глобальном-региональном-локальном).

Цель нашего исследования заключается в анализе повторяемости почвенных и атмосферных засух в агроландшафтах Томского района, занятых посевами пшеницы.

#### *Материалы и методы исследования*

Томский муниципальный район расположен в юго-восточной части Томской области, граничит с Кожевниковским, Шегарским, Кривошеинским, Асиновским и Зырянским районами области, а на юге – с Новосибирской и Кемеровской областями (рис.1). Территория Томского района общей площадью 10024 км<sup>2</sup> (3,2 % от Томской области) разделена на 19 сельских поселений, объединяющих 128 населенных пунктов [2]. По данным на 01.01.2021 г. здесь проживает 81 181 человек (7,5% от всего населения области). Это самый густонаселённый район области с плотностью 8,1 чел./км<sup>2</sup>. Административный центр – город Томск.



1- Рисунок – Положение Томского муниципального района (административной единицы) Томской области [по: 3]. Масштаб 1: 2 700 000

Томский район Томской области расположен рядом с областным центром, поэтому важной экономической функцией района является сельскохозяйственное производство. Пригородное растениеводство Томского района специализируется на овощеводстве, а также выращивании зерновых культур, среди которых важнейшая – это пшеница.

В связи с этим, по классификации Ф.Н. Милькова [3-4], здесь доминирует полевой тип агроландшафта. Мы придерживаемся подхода, согласно которому аграрные ландшафты выделяются в рамках границ сельскохозяйственных угодий [5-6]. При этом агроландшафт, как целостная и сложная система, состоит из двух подсистем – природной и производственно-социальной [7-9]. Природная подсистема в агроландшафте выступает как средообразующий фактор, поэтому множество функций и показателей агроландшафта зависят от исходного естественного потенциала территории [10]. Один из главных элементов



этого потенциала – климат, определяющими показателями которого считаются температурные показатели, значения влажности (атмосферной и почвенной), количества осадков и испаряемости.

Климат Томска и прилегающего района определяется его положением в пределах юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в глубине Евразийского континента. Следовательно, положение города в умеренных широтах, удалённость от океанов и равнинный характер рельефа определяют его тип климата – умеренно-континентальный, с теплым, иногда жарким летом и умеренно холодной зимой. Средняя температура самого холодного месяца (января) составляет  $-17,1^{\circ}\text{C}$ , а самого теплого месяца (июля)  $+18,7^{\circ}\text{C}$ . Средняя годовая температура  $+0,9^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовое количество осадков равно 568 мм при среднегодовой испаряемости 450 мм. За тёплый период года (апрель-октябрь) выпадет до 70 % от годовой суммы осадков. При этом от количества осадков за холодный период, высоты снежного покрова и запасов воды в нём, глубины промерзания почв зависит формирование поверхностного стока весной и запасов влаги в почве в период сева [11, с. 47]. Очень существенны не только климатические, но и погодные условия конкретного года, зависимость от которых делает производство сельскохозяйственной продукции неустойчивым [12-14].

Влага, накопленная к весне в корнеобитаемом слое почвы, является почти основным источником водоснабжения растений в течение вегетационного периода. Если запасы влаги в слое 0-100 см в весенний период менее 100 мм – отмечается водный дефицит, при запасе менее 60 мм – резкое снижение урожайности. Оптимальные условия увлажнения пахотного слоя почвы под яровыми культурами составляют 30-40 мм [15, с. 102]. К началу сева яровых средние многолетние запасы влаги вполне удовлетворяют потребности растений во влаге. Влага – второй важный фактор жизни растений. Для него также характерны минимум, оптимум и максимум влагообеспеченности. Наиболее интенсивное накопление биомассы происходит в местах с достаточным увлажнением, где годовые суммы осадков и испаряемость сбалансированы, а запасы почвенной влаги на протяжении вегетационного периода выше нижней границы оптимального увлажнения, т. е. находятся на уровне, близком к наименьшей полевой влагоёмкости. Все зерновые отличаются потребностью во влаге, и это выражено по-разному на разных стадиях развития. О потребности в воде можно судить по коэффициенту транспирации, т.е. по потреблению воды (кг) для образования 1 кг СМ. Так, для пшеницы этот коэффициент варьируется в пределах 340-690, для ржи 400-500, тритикале 450-550, ячменя 310-520, овса 475-875 [16].

В своём развитии яровая пшеница она проходит несколько фаз (прорастание семян, всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение и созревание зерна), которые отличаются продолжительностью, а также требованиями к тепло- и влагообеспеченности.

Потребность пшеницы в воде по её жизненным циклам установлена следующая: начало всходов – 5-7% от общего потребления воды за весь период вегетации, в фазе кущения – 15-20%, трубкование и колошение – 50-60%, молочное состояние зерна – 20-30%, восковая спелость – 3-5%. [17, с.32]. Выходит, что самое основное поглощение воды приходится на фазы кущения – выхода в трубку. В начале фазы кущения начинается образование колоса. Количество колосков зависит от достатка влаги, а также условий азотного и фосфорного питания. Недостаток влаги в почве в этот период приводит к образованию большого количества бесплодных колосков, что часто отмечается на территориях Западной и Восточной Сибири. Даже если потом будут частые и обильные осадки, это не восполнит дефицит влаги в этот период [08].

Засуха – сложное явление, которое возникает при таком сочетании недостатка осадков и повышенной испаряемости, которое вызывает резкое несоответствие между потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы, в результате чего заметно снижается урожай сельскохозяйственных культур. В условиях длительного отсутствия осадков сначала



возникает атмосферная засуха, характеризующаяся очень низкой относительной влажностью воздуха и высокими значениями дефицита влажности воздуха. Почвенная засуха является следствием атмосферной засухи и характеризуется отсутствием в почве физиологически доступной растениям влаги. Когда оба эти явления наблюдаются одновременно, то говорят об общей засухе. В настоящее время в российской классификации выделяют следующие типы засух: атмосферная, почвенная, атмосферно-почвенная. Отметим, что российская классификация учитывает среду проявления засухи в отличие от американской классификации, ориентированной более на её последствия [19]. Взаимосвязь этих типов засух очень сложная. Так, по данным исследования [20, с. 54] атмосферно-почвенная засуха чаще образуется вследствие длительной атмосферной засухи и усиливается почвенной. Наблюдались годы, когда почвенная засуха усиливалась атмосферной, а атмосферно-почвенная засуха характеризуется сочетанием почвенной и атмосферной засух. Согласно существующим критериям оценки интенсивности почвенных засух по запасам продуктивной влаги в почве, 2-3 сухие декады подряд являются признаком засухи средней интенсивности, 4-5 сухих декад подряд свидетельствуют о почвенной засухе сильной интенсивности [15, с.103].

Для количественной характеристики засух используют различные показатели и индексы, отражённые в «Справочнике по показателям и индексам засушливости», изданном Всемирной метеорологической организацией в 2016 г. [21]. В настоящее время наиболее часто используются около 10 отечественных и международных индексов засушливости, в т.ч. индекс Педя, который мы использовали в своём исследовании.

Д.А.Педь одним из первых в нашей стране предпринимал попытки количественного измерения засухи разрабатывал методы долгосрочных прогнозов погоды. В 1975 г. он разработал индекс засушливости  $S$  для описания засух (1), названный его именем, и который учитывает аномальные условия погоды, наиболее важные для формирования засухи, такие, как аномалии температуры воздуха  $\Delta T$ , осадков  $\Delta R$  и влажности в почве  $\Delta E$ :

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma T} - \frac{\Delta R}{\sigma R} - \frac{\Delta E}{\sigma E}, \quad (1)$$

Индекс Педя [22] представляет собой простую алгебраическую сумму нормированных аномалий температуры воздуха и осадков за данный промежуток времени (чаще всего за месяц):  $S_i = \Delta T_i \sigma T - \Delta R_i \sigma R - \Delta E_i \sigma E$ , где  $T$  – средняя за интервал времени температура воздуха,  $R$  – сумма атмосферных осадков,  $E$  – влажность деятельного слоя почвы (до 1 м),  $\Delta T_i = T_i - T_{norm}$  – аномалия температуры за  $i$ -й промежуток времени,  $\sigma T$  – её среднеквадратическое отклонение. Для осадков и влажности почвы аналогично. Полная формула отражает атмосферно-почвенную засуху, наиболее опасную для сельского хозяйства. Если взять два первых члена из формулы (1), то они описывают только атмосферную засуху, а третий член – почвенную засуху [03].

Материалом для исследования повторяемости засушливых условий послужили данные по температуре при земного слоя воздуха и осадкам средне суточного разрешения из базы данных ВНИИГМИ-МЦД за период с 1966 по 2018 г. по метеостанции Томск. Также из таблиц ТМ-14 осуществлялась выборка декадных данных о запасах продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см за месяцы вегетации растений (апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь). Фактический материал по запасам продуктивной влаги относится к территориям совхозов в Томском районе Томской области: «Рыбаловский», «Тахтамышевский», «Красное Знамя» и «Победа».

Для расчёта индекса засушливости Педя нами были составлены сводные таблицы для каждого вегетационного месяца за период с 1966 года по 2018 год, в которых содержится следующая информация: средние месячные значения температуры, суммы осадков и влажности в почве ( $T$ ,  $R$ ,  $E$ ); их среднее значение за многолетний период; рассчитанные разности между средним месячным значением и средним значением за определенный месяц ( $\Delta T$ ,  $\Delta R$ ,  $\Delta E$ ); среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ).



Оценка степени аномальности структурных единиц года по термическому режиму атмосферным осадками влажности почвы устанавливалась путём сопоставления величины отклонения рассматриваемого показателя за каждый месяц вегетационного периода указанного временного отрезка времени от его средней многолетней нормы созначением среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ). За нормальный случай принимался такой, когда полученное отклонение не превышало среднее квадратическое отклонение, в противном случае тип рассматривался как аномальный.

*Результаты исследования*

По формуле Педя (1) были рассчитаны показатели атмосферно-почвенного увлажнения для каждого месяца (апрель-октябрь) каждого года (1966-2018).

В результате было установлено, что итоговые показатели различаются по степени интенсивности. Для сопоставимости результатов засушливости Томского района с другими территориями страны, была принята шкала интенсивности, указанная в [03]. Значения индекса от -1 до 1 соответствуют нормальным условиям увлажнения. Засуха и переувлажнение отображаются положительными и отрицательными значениями соответственно (табл.1).

Таблица 1 – Интенсивность явлений засухи и переувлажнения [03]

	засуха	норма	переувлажнение	
$1 \leq S < 2$	слабая	$-1 < S < 1$	$-2 < S \leq -1$	слабое
$2 \leq S < 3$	средняя		$-3 < S \leq -2$	среднее
$3 \leq S < 4$	сильная		$-4 < S \leq -3$	сильное
$S \geq 4$	экстрем		$S \leq -4$	экстрем

Анализ режима атмосферно-почвенных явлений (табл. 2), позволил выявить годы, в которых по три и более месяца подряд замечались аномальные засухи – их оказалось 11 за весь рассматриваемый период (1966 – 2018 гг.), т.е. примерно 1 раз каждые 5 лет. При этом лет с аномальными переувлажнением было всего 5, т.е. в два раза меньше. Синхронность изменений индексов почвенной и атмосферной засухи, оказалась очень высокой, о чём свидетельствует коэффициент корреляции между ними: в мае и июне он составил 0,92; в июле – 0,90; в августе – 0,87; в сентябре – 0,88; в октябре – 0,91.

В связи с этим было установлено, что кроме этих длительных периодов засух в течение одного года, фиксировались периоды, когда на протяжении трех и более лет встречались такие аномалии погоды. Так, засушливый май был три года подряд – в 1980-1982, 1989-1992, 2003-2005 гг.; июнь – в 1981-1983, 1991-1994, 2003-2006 гг.; июль – в 1966-1969, 1994-1999 (с перерывом в 1997); август – в 1998-2000 гг.; сентябрь – 1980-1982, 1999-2003 (с перерывом в 2001) гг. Можно выделить засушливые годы, критические для роста пшеницы в фазы «выход в трубку- колошение» (июнь, первая половина июля) – 1977, 1983, 1991, 1992, 1999, 2003-2005, 2012 гг.

К сожалению, провести корреляцию между валовым сбором пшеницы и наличием засухи на территории Томского района не представилось возможным, т.к. не удалось найти данные по валовым сборам пшеницы за указанный период времени, т.к. совхозы в 1900-е годы обанкротились. Для того, чтобы доказать влияние засух на биопродуктивность сельскохозяйственных культур, можно привести пример по имеющейся информации за 2012 год по Томской области. В этот год обширную территорию Российской Федерации охватили засухи, эпицентр которых располагался в Западной Сибири и юге России [24]. Лето в Томской районе характеризовалось повышенным температурным режимом и существенным недобором осадков, что способствовало появлению атмосферной и почвенной засухи. Дней с



максимальной температурой воздуха 30 °С и выше было 32. Средняя температура воздуха за летний период составила +20+21 °С, что превышало климатическую норму на 2—3 °С. Осадки выпадали в августе, повсеместно отмечен их недостаток – 20—70 % нормы [25]. Главным образом пострадали яровые культуры. Из-за того, что июнь 2012 года вообще стал самым жарким за всю историю наблюдения в регионе (с 1966 по 2018 годы), колос у пшеницы образовался очень мелким, с небольшим количеством зерен [26]. В целом, в Томской области валовый сбор яровой пшеницы снизился почти в 2,4 раза, по сравнению с показателями за 2011 г. То есть наблюдается прямая зависимость между сокращением валового сбора пшеницы и наличием экстремальной засухи (в июне и июле), которая подтверждается рассчитанными значениями индекса Педя (табл. 2), а также данными Гидрометцентра России[27].

Таблица 2 – Показатели атмосферно-почвенных явлений засухи и переувлажнения

год	$S1 = \Delta T / \sigma T - \Delta R / \sigma R - \Delta E / \sigma E$						
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
1966		-1,41	0,40	1,13	2,15	4,19	
1967	2,75	0,79	-1,21	1,11	-2,74	-1,16	4,29
1968						-2,93	0,94
1969		-5,73	0,14	3,51	-3,10	-1,24	-3,54
1970		-0,94	-4,41	-1,32	-3,48	1,81	-1,94
1971	-1,42	-1,01	0,04	0,84	0,22	2,34	2,66
1972		0,54	-2,95	-3,25	-1,66	-2,21	0,48
1973	0,66	0,00					
1974		-2,02	-1,82	1,88	-0,18	-4,88	-3,03
1975		-5,10	-1,28	0,08	-0,68	-0,90	-1,84
1976							
1977		1,57	3,46	3,49	-0,03	0,16	0,95
1978		-0,89	-0,64	0,75	-2,17	0,42	1,40
1979		-0,39	-0,25	1,47			
1980		1,05	0,91	-1,81	2,46	3,42	2,71
1981	2,06	1,76	2,18	-0,79	0,94	1,41	-0,99
1982		2,58	4,70	-0,31	3,74	1,48	1,31
1983		0,09	5,02	2,20	3,15	-0,46	2,90
1984		-1,26	0,22	-4,32	0,61	0,57	
1985		-1,84	-3,56	-0,91	-0,81	1,12	-2,76
1986		-0,70	-1,49	1,09	-2,72		
1987			-3,85	0,27	0,78		
1988		-1,43	-0,37	-1,15	-1,97		
1989		2,33	0,13	0,86	2,86		
1990		3,22	0,83	0,89	0,39		
1991		3,13	1,01	2,82	0,89	0,49	1,94
1992		4,50	1,53	-0,05	0,13	-2,78	2,52



Продолжение таблицы 2

1993	0,50	-0,54					
1994		0,97	3,03	2,62			
1995	2,22	1,70	-1,83	1,21	2,10	0,73	0,23
1996		-0,44	-2,00	2,07	-2,91		
1997		0,56	-0,26	-0,62	-1,32	1,33	1,98
1998		-1,44	-1,62	2,50	3,36	-1,54	-2,50
1999		4,41	-0,69	4,06	2,42	2,05	2,85
2000		-0,19	-0,23	-0,61	1,79	1,36	-1,28
2001		2,76	-1,16	-2,46	0,07	-0,73	-2,08
2002		0,52	-2,85	-1,90	-0,14	1,03	
2003		1,54	1,69	1,07	2,46	1,16	0,95
2004		4,10	1,60	-2,01	-0,11	-3,26	-0,81
2005		1,28	1,71	-0,30	1,01	-1,83	1,55
2006		0,71	2,28	-1,86	-3,87	-0,06	-2,10
2007		-3,61	-3,43	-0,62	-1,03		-2,25
2008		1,73	-1,73	1,34	0,01	-1,90	1,26
2009	-0,14	-2,72	-2,63	-3,97	-2,68		-1,38
2010		-1,50	-0,69	-2,18	-0,36		2,53
2011		0,08	2,24	-6,31	-1,65		
2012		-0,71	4,53	4,52			
2013		-3,40	-2,73	1,21	-1,92		
2014		-4,55	-0,28	0,47	2,38		
2015		0,88	2,93	-0,37			
2016		-0,15	2,00	-1,52			
2017		-0,67	0,24	-0,55	-0,67		
2018			0,61	-1,37	-1,00		

Также следует отметить, что при расчете индекса Педя только по значениям температуры и осадков, удалось вычислить лишь одно значение экстремальной интенсивности (переувлажнение) (табл.1). Тогда как при расчете атмосферно-почвенных явлений удалось определить 10 случаев экстремальной засухи и 7 случаев экстремального переувлажнения.

В условиях меняющегося климата изучение засух актуально, т.к. усиливается общая тенденция к повышению глобальной приземной температуры воздуха. По прогнозам экспертов, в 2016–2035гг. средняя температура на планете может вырасти еще на 0,3–0,7°C по сравнению с 2011-2016 гг. Даже при небольшом росте средней температуры, резко увеличивается число особо жарких дней, включая волны тепла (жары), в большинстве географических регионов мира, особенно в летний сезон. Анализ меж годовой и внутри годовой динамики термического режима, а также средних много летних средне суточных показателей температуры воздуха показал, что в Томске и подтаёжнойюго-восточной части Западно-Сибирской равнины наблюдается изменение климата в сторону потепления [11, с.82]. Следовательно, стоит ожидать увеличения повторяемости засушливых явлений в агроландшафтах.

#### Заключение

Традиционно считается, что в Сибири, в том числе в нашей области, засушливые погодные явления редки. На самом деле засухи являются естественной составляющей климата. Как показали наши исследования, они могут наблюдаться в лесостепной и даже южно-таёжной зонах. Подобно другим опасным явлениям, засухи могут отличаться по интенсивности, продолжительности и времени наступления.



Анализ режима атмосферно-почвенных явлений, позволил выявить годы, в которых по три и более месяца подряд замечались аномальные засухи – их оказалось 11 за весь рассматриваемый период (1966 – 2018 гг.), т.е. примерно 1 раз каждые 5 лет. При этом лет с аномальными переувлажнением было всего 5, т.е. в два раза меньше. В большинстве научных публикаций анализируются только атмосферные засухи, и при этом говорится об их влиянии на растительность, ее продуктивность, урожайность и др. Но это не совсем корректно, так как для растений почвенное увлажнение важнее, чем атмосферное. Применение такого показателя, как индекс засушливости Педея, позволил установить взаимосвязь между этими видами засушливости.

Таким образом, расчёт индексов засушливости можно использовать для прогноза биопродуктивности агроландшафтов, занятых типичными хлебами, в т.ч. пшеницей.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Кулистикова, Т. Погода становится нервной. Как глобальные изменения климата влияют на сельское хозяйство / Т. Кулистикова // Агроинвестор. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/32343-pogoda-stanovitsya-nervnoy/> (дата обращения: 04.09.2019).

[2] Официальный сайт Томского района. Паспорт Томского района, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tradm.ru/o-rayone/administrativno-territorialnaya-kharakteristika> (дата обращения: 16.07.2022).

[3] Административная карта Томской области (фрагмент). [Электронный ресурс] URL: [tomsk-obl.ru](http://tomsk-obl.ru)

[4] Мильков Ф.Н. Сельскохозяйственные ландшафты, их специализация и классификация // Вопросы географии. – 1984. – Сб. 124. – С. 24-34.

[5] Fezzi C., Bateman I.J. Structural Agricultural Land Use Modeling for Spatial Agro-Environmental Policy Analysis // American Journal of Agricultural Economics. 2011. Vol. 93, N 4. P. 1168–1188.

[6] Nagabhatla N., Kühle P. Tropical Agrarian Landscape Classification using highresolutionGeoEYE data and segmentation based approach // European Journal of Remote Sensing. 2016. Vol. 49. P. 623–642.

[7] Николаев, В.А. Концепция агроландшафта/ В.А.Николаев // Вестник МГУ, серия 5, география, 1987.–№2.– с. 22-27.

[8] Трофимов, И.А. Стратегия управления агроландшафтами Поволжья/ И.А.Трофимов, Л.С.Трофимова, Е.П.Яковлева, Т.М.Лебедева // Поволжский экологический журнал, 2008. – № 4. – С. 351-360.

[9] Юртаев, А.А. Агроландшафтные исследования: теория и практика / А.А. Юртаев // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2011. – № 15 (110). – Выпуск 16. – С. 217-221.

[10] Щипцова, Е.А. Агрогенные ландшафты южной части Амурско-Зейской равнины: структура и оценка. / Е.А.Щипцова // Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Благовещенск, БГПУ, 2015, 226 с.

[11] Филандышева Л. Б. Географические особенности г. Томска и динамика сезонных ритмов в условиях глобального изменения климата / Л. Б. Филандышева, Т. В. Ромашова, К. Д. Юркова; Нац. исслед. Том. гос. ун-т, Том. обл. отд-ние Рус. геогр. о-ва. – Томск: Издательство Томского государственного университета, 2021. – 249 с. [Электронный ресурс] URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/koха:000567008>

[12] Вильфанд Р. М., Страшная А. И. Климат, прогнозы погоды и агрометеорологическое обеспечение сельского хозяйства в условиях изменения климата. Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям.



Сборник докладов международной научно-практической конференции 7–11 декабря 2010. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011, с. 23–38.

[13] Клещенко А. Д. Мониторинг засух на основе наземной и спутниковой информации. / А.Д. Клещенко, А.И. Страшная, О.В. Вирченко и др.// Труды ФГБУ «ВНИИСХМ», 2013. Вып. 38. С. 87–108.

[14] Павлова В. Н. Продуктивность зерновых культур в России при изменении агроклиматических ресурсов в 20–21 веках / В.Н. Павлова // Дисс. на соискание учёной степени доктора географических наук. – Москва: ФГБУ «ВНИИСХМ», 2021. 271 с.

[15] Виноградова Л. И. Основы агрометеорологии: учебное пособие [Электронный ресурс]/ Л. И. Виноградова. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2020. – 160 с. URL: 77.pdf (kgau.ru)

[16] Общее влагопотребление пшеницы и потребность в воде в различные периоды развития [Электронный ресурс]. URL: <https://hleb-produkt.ru/yarovaya-pshenica/941-obschee-vlagopotreblenie-pshenicy-i-potrebnost-v-vode-v-razlichnye-periody-razvitiya.html> (дата обращения 12.05.2022)

[17] Лазарев В.И. Яровая пшеница – технология возделывания в условиях Курской области / В.И. Лазарев, Ж.Н. Минченко, Б.С. Ильин, А.Я. Башкатов, Т.В. Гаврилова, Г.М. Дериглазова (Под редакцией В.И. Лазарева). – Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2021. – 205 с.

[18] Сельское хозяйство. Яровая пшеница [Электронный ресурс]. URL: <https://universityagro.ru/растениеводство/яровая-пшеница> (дата обращения 9.05.2022)

[19] Дюкарев Е.А. Многолетняя динамика условий засушливости в период современных климатических изменений (Экспертно-аналитический доклад) по тематике и результатам исследований научной школы «Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата» / Е.А. Дюкарев, Н.Н. Воропай. – Ханты-Мансийск: ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», 2020.

[20] Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Образование атмосферно-почвенной засухи с учетом почвенной и атмосферной засушливости, Тр. Гидрометцентра России, 2002. Вып. 337, с. 48–56.

[21] World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.

[22] Педь Д.А. О показателе засухи и избыточном увлажнении // Труды Гидрометцентра СССР, вып. 156. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – С. 19–38.

[23] Садоков, В. П. Летняя засуха (май—август 1949—1999 гг.) на территории бывшего СССР. / В.П. Садоков, Неушкин А. И., Козельцева В. Ф., Кузнецова Н. Н. // Труды Гидрометцентра России, 2001, вып. 336. С. 3—33.

[24] Краткий обзор особенностей распределения засух различной интенсивности по территории РФ [Электронный ресурс] / URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/5561-07082012> (дата обращения 7.06.2022)

[25] Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / Глав. ред. А.М. Адам, редкол.: В.А. Коняшкин, О.И. Кобзарь; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». — Томск: Дельта план, 2013. — 172 с., и [http://priroda.tomsk.gov.ru/upload/File/doklad\\_2012\\_web\\_1\\_.pdf](http://priroda.tomsk.gov.ru/upload/File/doklad_2012_web_1_.pdf)



[26] Об особенностях засухи 2012 г. на Урале и в Западной Сибири и ее влиянии на урожайность яровых зерновых культур [Электронный ресурс] / URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr368/tr368htm/10.htm> (дата обращения 7.06.2022)

[27] Сельское хозяйство Томской области [Электронный ресурс] / URL: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-tomskoy-oblasti> (дата обращения 7.06.2022)

## REFERENCES

[1] Kulistikova, T. (2019) Pogoda stanovitsya nervnoj. Kak global'nye izmeneniya klimata vliyayut na sel'skoe hozyajstvo [The weather is getting nervous. How global climate change affects agriculture] // Agroiinvestor. Retrieved from URL: <https://www.agroiinvestor.ru/analytics/article/32343-pogoda-stanovitsya-nervnoj/> [in Russian].

[2] Oficial'nyj sajt Tomskogo rajona. Pasport Tomskogo rajona, (2020). [The official website of the Tomsk region. Passport of the Tomsk region] Retrieved from: URL: <https://www.tradm.ru/o-rayone/administrativno-territorialnaya-kharakteristika> (data obrashcheniya: 16.07.2022). [in Russian].

[3] Administrativnaya karta Tomskoj oblasti (fragment). Retrieved from: URL: [tomskobl.ru](http://tomskobl.ru) [in Russian].

[4] Mil'kov, F.N. (1984). Sel'skohozyajstvennye landshafty, ih specializaciya i klassifikaciya [Agricultural landscapes, their specialization and classification] // Voprosygeografii.. Sb. 124. 24-34. [in Russian].

[5] Fezzi, C. & Bateman, I.J. (2011). Structural Agricultural Land Use Modeling for Spatial Agro- Environmental Policy Analysis // American Journal of Agricultural Economics. Vol. 93, N 4. 1168–1188 [in English].

[6] Nagabhatla, N. & Kühle, P. (2016). Tropical Agrarian Landscape Classification using high resolution GeoEYE data and segmentation based approach // European Journal of Remote Sensing. Vol. 49. 623–642 [in English].

[7] Nikolaev V.A. (1987). Konceptiya agrolandshafta [The concept of the agricultural landscape] Vestnik MGU, seriya 5, geografiya. 2, 22-27 [in Russian].

[8] Trofimov, I.A., Trofimova, L.S., YAkovleva, E.P. & Lebedeva, T.M. (2008). Strategiya upravleniya agrolandshaftami Povolzh'ya [Strategy for managing agricultural landscapes of the Volga region] // Povolzhskij ekologicheskij zhurnal, № 4. 351-360 [in Russian].

[9] YUrtaev, A.A. (2011) Agrolandshaftnye issledovaniya: teoriya i praktika [Agro-landscape research: theory and practice] // Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki. № 15 (110). Vyp. 16. 217-221.[in Russian].

[10] SHCHipcova, E.A. (2015) Agrogennye landshafty yuzhnoj chasti Amursko-Zejskoj ravniny: struktura i ocenka. [Agrogenic landscapes of the southern part of the Amur-Zeya plain: structure and assessment.] Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskikh nauk. – Blagoveshchensk, BGPU, 226 p. [in Russian]

[11] Filandysheva, L.B., Romashova, T.V. & YUrkovala, K.D. (2021) Geograficheskie osobennosti g. Tomsk i dinamika sezonnyh ritmov v usloviyah global'nogo izmeneniya klimata [Geographical features of Tomsk and the dynamics of seasonal rhythms in the context of global climate change] Nac. issled. Tom. gos. un-t, Tom. obl. otd-nie Rus. geogr. o-va. – Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta., – 249 p. Retrieved from: URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/koha:000567008> [in Russian].

[12] Vil'fand, R.M. & Strashnaya A.I. (2011) Klimat, prognozy pogody i agrometeorologicheskoe obespechenie sel'skogo hozyajstva v usloviyah izmeneniya klimata. Adaptaciya sel'skogo hozyajstva Rossii k menyayushchimsya pogodno-klimaticheskim usloviyam [climate, weather forecasts and agrometeorological support of agriculture in conditions of climate change. Adaptation of agriculture in Russia to changing weather and climatic conditions.]. Sbornik



dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 7–11 dekabrya 2010. – M.: RGAU-MSKHA im. K. A. Timiryazeva, 23–38. [in Russian].

[13] Kleshchenko, A.D., Strashnaya, A.I., Virchenko, O.V., et al. (2013) Monitoring zasuh na osnove nazemnoj i sputnikovoj informacii [Drought monitoring based on ground and satellite information]. Trudy FGBU «VNIISKHM», Vyp. 38. P. 87–108. [in Russian].

[14] Pavlova, V.N. (2021) Produktivnost' zernovyh kul'tur v Rossii pri izmenenii agroklimaticheskikh resursov v 20–21 vekah [Productivity of grain crops in Russia with changes in agro-climatic resources in the 20th and 21st centuries] *Extended abstract of Doctor's thesis*. – Moscow: FGBU «VNIISKHM», 271 p. [in Russian].

[15] Vinogradova, L.I. (2020) Osnovy agrometeorologii: uchebnoe posobie [Fundamentals of agrometeorology: a textbook]. Retrieved from: L.I.Vinogradova. – Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyj universitet – 160 p. URL:77.pdf (kgau.ru) [in Russian].

[16] Obshchee vlagopotreblenie pshenicy i potrebnost' v vode v razlichnye periody razvitiya. Retrieved from URL: <https://hleb-produkt.ru/yarovaya-pshenica/941-obshee-vlagopotreblenie-pshenicy-i-potrebnost-v-vode-v-razlichnye-periody-razvitiya.html> (data obrashcheniya 12.05.2022) [in Russian].

[17] Lazarev, V.I., Minchenko, ZH.N., Il'in, B.S., Bashkatov, A.YA., Gavrilova, T.V. & Deriglazova, G.M. (2021). Yarovaya pshenica – tekhnologiya vozdeleyvaniya v usloviyah Kurskoj oblasti [Spring wheat – cultivation technology in the conditions of the Kursk region] V.I. Lazarev, Lazareva V.I. (Ed.). – Kursk: FGBNU «Kurskiy federal'nyj agrarnyj nauchnyj centr» [in Russian].

[18] Sel'skoe hozyajstvo. Yarovaya pshenica [Spring wheat]. Retrieved from: URL: <https://universityagro.ru/rasteniievodstvo/yarovaya-pshenica> (data obrashcheniya 9.05.2022) [in Russian].

[19] Dyukarev, E.A., Voropaj N.N. (2020). Mnogoletnyaya dinamika uslovij zasushlivosti v period sovremennyh klimaticheskikh izmenenij (Ekspertno-analiticheskij doklad) po tematike i rezul'tatam issledovaniy nauchnoj shkoly «Dinamika okruzhayushchej sredy i global'nye izmeneniya klimata» [Long-term dynamics of aridity conditions in the period of modern climate change (Expert and analytical report) on the subject and research results of the scientific school "Environmental Dynamics and global climate change"] – Hanty-Mansijsk: FGBOU VO «YUgorskiy gosudarstvennyy universitet», 115 [in Russian].

[20] Sadokov, V.P., Kozel'ceva, V.F. & Kuznecova, N.N. (2002). Obrazovanie atmosferno-pochvennoj zasuhi s uchetom pochvennoj i atmosfernoj zasushlivosti [Formation of atmospheric-soil drought taking into account soil and atmospheric aridity]. Tr. Gidromet centra Rossii, Vyp. 337, 48–56 [in Russian].

[21] World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP) (2016): Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.[in English].

[22] Ped', D.A. O pokazatele zasuhi i izbytochnom uvlazhnenii [About the indicator of drought and excessive moisture] // Trudy Gidromet centra SSSR, vyp. 156. – L.: Gidrometeoizdat, 1975. – S.19-38. [in Russian].

[23] Sadokov, V.P., Neushkin, A.I., Kozel'ceva, V.F. & Kuznecova, N.N. (2001). Letnyaya zasuha (maj-avgust 1949-1999 gg.) na territorii byvshego SSSR [Summer drought (May–August 1949-1999) on the territory of the former USSR.] Trudy Gidrometcentra Rossii, 336, 3-33 [in Russian].

[24] Kratkij obzor osobennostej raspredeleniya zasuh razlichnoj intensivnosti po territorii RF [A brief overview of the features of the distribution of droughts of varying intensity across the territory of the Russian Federation] Retrieved from: URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/5561-07082012> (data obrashcheniya 7.06.2022) [in Russian].



[25] Adam, A.M., Konyashkin, V.A. & Kobzar', O.I. (Eds.). (2013) *Ekologicheskij monitoring: Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayushchej sredy Tomskoj oblasti* [Report on the state and environmental protection of the Tomsk region] Departament prirodnih resursov i ohrany okruzhayushchej sredy Tomskoj oblasti, OGBU «Oblkompriroda». — Tomsk : Del'ta plan. Retrieved from: .URL:[http://priroda.tomsk.gov.ru/upload/File/doklad\\_2012\\_web\\_1\\_.pdf](http://priroda.tomsk.gov.ru/upload/File/doklad_2012_web_1_.pdf) [inRussian].

[26] *Ob osobennostyah zasuhi 2012 g. na Urale i v Zapadnoj Sibiri i ee vliyanii na urozhajnost' yarovyh zernovyh kul'tur* [About the features of the 2012 drought in the Urals and Western Siberia and its impact on the yield of spring grain crops] / Retrieved from: URL: <http://method.meteorf.ru/publ/tr/tr368/tr368htm/10.htm> (data obrashcheniya 7.06.2022) [inRussian].

[27] *Sel'skoe hozyajstvo Tomskoj oblasti* [Agriculture of the Tomsk region] Retrieved from: / URL: <https://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyajstvo-tomskoy-oblasti> (data obrashcheniya 7.06.2022) [inRussian].

**Romashova Tatiana, Minosyan Maria**  
**REPEATMENT OF SOIL DROUGHT IN AGRICULTURAL LANDSCAPES OF  
THE TOMSK DISTRICT OF THE TOMSK REGION**

**Annotation.** In Russia, droughts are widespread even in Siberia, including the territory of the Tomsk region. One of the most important consequences of the drought phenomenon is its impact on the bioproductivity of agricultural crops, that is, the maintenance of a certain rate of reproduction, which is expressed through gross yields and crop yields. The article is devoted to the study of the frequency of soil drought in one of the main agricultural regions of the Tomsk region - the Tomsk region. According to the Pedia formula, the indicators of atmospheric and soil moisture were calculated for each month (April-October) of the period 1966-2018. As a result, it was found that the final indicators differ in the degree of intensity. The study of drought events showed that they had a 20% recurrence in the considered period of time. The research materials are the information basis for monitoring the conditions that affect the socio-economic development of the region.

**Keywords:** agricultural landscapes; soil and atmospheric drought; Pedia index; drought intensity; climate warming; Tomsk region.

**Ромашова Т.В., Миносян М.Н.**  
**АГРОЛАНДШАФТТАҒЫ ТОПЫРАҚ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҒЫНЫҢ  
ҚАЙТАЛАНУЫ ТОМСК ОБЛЫСЫ ТОМСК АУДАНЫ**

**Аңдатпа.** Ресейде құрғақшылық тіпті Сібірде, оның ішінде Томск облысының аумағында да кең таралған. Құрғақшылық құбылысының маңызды салдарының бірі оның ауылшаруашылығы дақылдарының биоөнімділігіне әсері, яғни жалпы өніммен ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігі арқылы көрінетін белгілі бір көбею қарқынын сақтау болып табылады. Мақала Томск облысының негізгі ауылшаруашылық аймақтарының бірі – Томск облысындағы топырақтың құрғақшылық жиілігін зерттеуге арналған. Педя формуласы бойынша атмосфералық және топырақ ылғалдылығының көрсеткіштері 1966-2018 жылдар аралығындағы әр айға (сәуір-қазан) есептелді. Нәтижесінде қорытынды көрсеткіштер қарқындылық дәрежесі бойынша ерекшеленетіні анықталды. Құрғақшылық оқиғаларын зерттеу олардың қарастырылған уақыт аралығында 20% қайталанатынын көрсетті. Зерттеу материалдары өңірдің әлеуметтік-экономикалық дамуына әсер ететін жағдайларды бақылаудың ақпараттық негізі болып табылады.

**Кілт сөздер:** ауылшаруашылық ландшафттары; топырақ және атмосфералық құрғақшылық; Педиаиндексі; құрғақшылықтың қарқындылығы; климаттың жылынуы; Томск облысы.