

**ДИНАМИКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ ЗА ПОСЛЕДНИЙ
30-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 1991–2020 ГГ.
(по данным лизиметрического центра «Минск»)**

Г. В. Пироговская, А. С. Лемешевская

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Изучение количества поступления атмосферных осадков на поверхность почв и их состава, а также изменение температурного режима территории, имеет важное значение для решения многих теоретических и практических задач, в том числе при изучении миграции и круговорота веществ в природе, расчете солевого баланса отдельных водных объектов и территорий, оценке их влияния на состав поверхностных и грунтовых вод. Атмосферные осадки приносят в почву не только влагу, но и различные растворенные химические вещества. Они являются основным фактором очистки атмосферы от различных загрязняющих веществ и, соответственно, одним из источников поступления химических веществ на поверхность суши и Мирового океана. Почти 25 % всех глобальных выбросов приходится на сектор землепользования.

При оценке климатических факторов, наряду с атмосферными осадками, одним из критериев является наблюдения за температурой воздуха. Комплексная характеристика степени увлажнения территории оценивается таким показателем как гидротермический коэффициент (ГТК) по Г. Т. Селянинову, позволяющий сравнивать количество выпавших атмосферных осадков с возможным их испарением с открытой водной поверхности. Влага и тепло являются одними из главных факторов, определяющих условия роста и развития растений. Влагообеспеченность, т. е. степень удовлетворения потребности растений в воде, зависит от выпадающих атмосферных осадков, гранулометрического состава почв, запаса гумуса в почве и т. д. Считается, что при оптимальной влажности почвы, которая находится в интервале влажности разрыва капилляров (ВРК) и наименьшей влагоемкости (НВ), достигается полная обеспеченность влагой возделываемых сельскохозяйственных культур [1].

Изучением химического состава атмосферных осадков в различные по степени увлажнения годы занимались многие отечественные и зарубежные ученые и установили, что поступление химических элементов с атмосферными осадками не является стабильным во времени и пространстве. На их поступление влияет целый комплекс природных (географические условия, рельеф местности, температура воздуха, роза ветров, время года) и антропогенных факторов (наличие промышленных производств, содержание пыли в воздухе, трансграничный перенос) и т. д. Данные литературных источников свидетельствуют о широком диапазоне содержания и количества химических элементов, поступающих с атмосферными осадками в той или другой местности [2–6].

Следует учитывать, что поступление химических элементов с атмосферными осадками является одной из приходных статей хозяйственного баланса. Именно поэтому и возникает потребность в изучении современной оценки химического состава атмосферных осадков, как важного звена круговорота химических веществ и определении поступления с ними химических элементов на поверхность суши при настоящем уровне антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Мероприятия, направленные на более устойчивое восстановление и управление земельными ресурсами, должны разрабатываться с учетом изменения климатических особенностей территории, что может обеспечить краткосрочные преимущества для качества жизни на Земле. Наблюдения за изменением количества выпадающих атмосферных осадков, а также температурой воздуха и характером их пространственного распределения на территории каждой страны, в том числе и в Республике Беларусь, необходимы для обоснования направленности приспособления природных экосистем к изменяющимся климатическим условиям и для принятия мер по адаптации отраслей народного хозяйства к новой климатической обстановке.

Оценка изменения состояния климатической системы проводилась на основе сравнения данных ежегодных наблюдений со средними климатическими характеристиками за предшествующие годы, а также климатическими нормами, вычисленными по последнему 30-летнему периоду, в частности за период 1991–2020 гг., который принят в Республике Беларусь. Обновление базового 30-летнего периода соответствует рекомендациям Всемирной метеорологической организации, что позволяет лучше отражать меняющийся климат и его влияние на повседневную погоду. На совещании Комиссии по обслуживанию ВМО рекомендовано было обновить тридцатилетний базовый период на 1991–2020 гг. [7].

Цель исследований – установить динамику изменения климатических показателей (количества выпавших атмосферных осадков, температуры воздуха, ГТК и бездождных периодов) по данным лизиметрического центра «Минск», расположенного в центральной части Республики Беларусь.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наблюдения за количеством, выпавших атмосферных осадков проводились в лизиметрическом центре «Минск», расположенном в южной части г. Минска (широта – 53°51'03'' с. ш., долгота – 27°30'26'' в. д.). Введен в эксплуатацию РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 1980 г. и функционирует по настоящее время. Включает 48 насыпных лизиметров цилиндрической формы, состоящих из сборных железобетонных колец. Глубина почвенных профилей в лизиметрах 1,0 м (24 лизиметра) и 1,5 м (24 лизиметра). Колодцы лизиметров имеют внутренний диаметр 2,0 м, площадь – 3,14 м².

Лизиметры заполнены наиболее распространенными почвами Республики Беларусь: автоморфными – дерново-подзолистыми разного гранулометрического состава; полуgidроморфными – дерновыми заболоченными (под травами); гидроморфными – торфяно-болотными низинными (используются в типичных севооборотах и под травами) и торфянисто-глеевыми низинными (под травами).

Общий вид лизиметрического центра представлен на фото.



Фото. Люпин узколистный, 2006 г.

Экспериментальные данные, полученные в лизиметрическом центре за 1981–2015 гг., обобщены и опубликованы в монографии Г. В. Пироговской «Поступление, потери элементов питания растений в системе «атмосферные осадки – почва – удобрение – растение» [6].

В лизиметрическом центре осуществляли наблюдения за количеством выпавших атмосферных осадков и определяли их химический состав (концентрации и ионный состав), отбор и анализ почвенных растворов, профильтровавшихся на глубину 1,0–1,5 м наиболее распространенных почв Республики Беларусь при возделывании сельскохозяйственных культур в типичных для республики севооборотах.

Данные по температуре воздуха в годы исследований и среднемноголетние данные по количеству атмосферных осадков и температурам воздуха за последний 30-ти летний период, предоставлены Государственным учреждением «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (метеорологическая станция Минск, широта – 53°55'43'' с. ш., долгота – 27°38'7'' в. д.).

В атмосферных осадках определяли следующие показатели:

- pH – потенциометрический, ГОСТ 26423-85, п. 4, п. 4.1, п. 4.3;
- N-NO₃ – потенциометрический, ГОСТ 18826-73;
- N-NH₄ – ГОСТ 26488-85;
- фосфор – спектрометрический метод, СТБ 6878-2005;
- калий и натрий – на пламенном фотометре, ГОСТ 26427-85;
- кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре, ГОСТ 26428-85;
- хлориды – ГОСТ 4245-72;
- сульфаты – ГОСТ 26490-85;
- гидрокарбонаты – ГОСТ 26424-85;
- сухой остаток – ГОСТ 18164-72;
- общая жесткость (кальций + магний) – ГОСТ 4151-72.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по количеству выпавших атмосферных осадков за 1991–2020 гг. и температурам воздуха в лизиметрическом центре «Минск» приведены в таблицах 1–3.

Наблюдения за количеством выпавших атмосферных осадков в лизиметрическом центре «Минск» за период 1991–2020 гг. показывают, что среднегодовое их количество составило 593,7 мм, на 93,8 мм (на 13,6 %) меньше по сравнению со среднемноголетним показателем за 1991–2020 гг. (687,5 мм). Годовое количество атмосферных осадков меньше 500 мм выпадало: в 2015 г. – 449,2 мм, 1995 г. – 462,8 мм, 1999 г. – 471,4 мм, 2002 г. – 475,5 мм, 2020 г. – 488,0 мм, 1992 г. – 490,9 мм и 2019 г. – 492,0 мм (табл. 1).

Для сведения: среднемноголетнее количество атмосферных осадков за период 1961–1990 гг. составляло 696 мм.

Сумма атмосферных осадков за вегетационный период (май–сентябрь) в зависимости от года исследований, находились в пределах от 160,6 мм (1999 г.) до 463,8 мм (2014 г.), при среднем за эти годы – 306,8 мм (51,3 % от общего выпадения осадков за указанный период). На метеостанции Минск среднемноголетнее значение за 1991–2020 гг. составило 365,1 мм, или 53,1 % от общего выпадения осадков, и было на 58,3 мм выше, чем в лизиметрическом центре «Минск» (табл. 1).

Распределение атмосферных осадков по сезонам года приведено в таблице 2.

Таблица 2

Количество атмосферных осадков по периодам года в лизиметрическом центре «Минск» и на метеостанции Минск (в среднем за 1991–2020 гг.)

Сезон года/(месяцы)	Лизиметрический центр «Минск» (1)	Метеорологическая станция Минск (2)	Отношение 2:1
Весенний (03–05)	123,3	150,2	1,22
Летний (06–08)	206,8	247,7	1,20
Осенний (09–11)	139,9	156,0	1,12
Зимний (12–(01–02)	123,7	133,6	1,08
За лизиметрический год	593,7	687,5	1,16

Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что количество атмосферных осадков в лизиметрическом центре «Минск» во все сезоны года меньше, в том числе в весенний период – в 1,22 раза, летний – в 1,20, осенний – 1,12, зимний – в 1,08 раза, а в среднем за год – в 1,16 раза, по сравнению с данными, полученными на метеостанции Минск. Это свидетельствует о том, что даже в одном и том же городе на станциях, расположенных на разной широте и долготе, количество атмосферных осадков за один и тот же период может различаться.

Температура воздуха в среднем за 1991–2020 гг. по данным лизиметрического центра «Минск» составила 7,2 °C, при среднемноголетнем по метеостанции Минск – 6,9 °C, и эти показатели в температуре воздуха отличались незначительно (на 0,3 °C, или на 4,4 %) (табл. 3).

Гидротермический коэффициент (ГТК) по данным лизиметрического центра «Минск» за май–сентябрь изменялся в пределах от 0,62 (1999 г.) до 1,98 (1998 г.), а в среднем за 1991–2020 гг. составил 1,26. На долю влажных лет приходилось 20 % (6 лет), оптимальных – 20 % (6 лет), слабозасушливых – 40 % (12 лет), засушливых – 13,3 % (4 года) и очень засушливых – 6,7 % (2 года).

Согласно М. А. Гольберга и др., если ГТК больше 1,6, то год считается влажный, 1,6–1,3 – оптимальный, 1,3–1,0 – слабозасушливый, 1,0–0,7 – засушливый, 0,7–0,4 – очень засушливый, от 0,4–0,2 – сухой [8].

Таблица 2

**Количество атмосферных осадков в лизиметрическом центре «Минск»,
1991–2020 гг., мм**

Год	Месяц												Сумма за год, мм	Сумма за 5–9 месяц, мм	%*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1991	21,5	30,4	16,1	21,9	70,1	110,3	42,2	12,2	30,7	76,1	57,4	19,6	508,5	265,5	52,2
1992	21,1	41,4	25,4	58,3	67,6	48,4	18,4	6,5	53,4	64,9	61,3	24,2	490,9	194,3	39,6
1993	59,6	27,8	34,9	35,1	21,9	36,1	170,0	49,5	96,6	5,8	30,2	77,3	644,8	374,1	58,0
1994	96,0	23,8	71,2	32,3	89,6	59,6	29,8	48,5	46	23,6	64,9	44,6	629,9	273,5	43,4
1995	36,6	49,7	32,0	39,8	31,1	52,2	26,3	56,6	45,2	20,0	42,4	30,9	462,8	211,4	45,7
1996	55,8	40,9	12,4	27,2	57,6	38,8	95,1	20,4	92,6	20,0	76,0	51,4	588,2	304,5	51,8
1997	9,9	31,5	44,6	40,8	55,5	94,9	80,5	13,9	37,0	64,9	63,2	40,9	577,6	281,8	48,8
1998	41,8	22,1	40,0	38,6	68,4	129,1	114	54,4	88,6	83,0	40,5	47,0	767,5	454,5	59,2
1999	15,9	80,1	61,2	9,6	18,4	57,0	44,8	19,9	20,5	33,3	52,2	58,5	471,4	160,6	34,1
2000	27,6	54,1	27,4	67,9	18,7	46,8	76,5	51,1	29,6	1,4	61,5	45,8	508,4	222,7	43,8
2001	33,7	27,9	34,0	25,3	32,6	89,4	137,3	81,1	47,2	39,2	51,7	34,0	633,4	387,6	61,2
2002	56,2	56,4	13,1	12,6	24,2	37,0	47,5	44,3	27,5	126,7	16,0	14,0	475,5	180,5	38,0
2003	32,3	34,5	25,9	90,1	53,2	28,6	126,5	39,6	15,6	65,8	17,8	44,4	574,3	263,5	45,9
2004	75,8	78,0	33,2	48,2	26,6	53,4	94,9	119,0	44,2	63,8	39,3	37,1	713,5	338,1	47,4
2005	35,5	33,6	58,9	19,0	111,3	37,0	38,6	148,2	20,2	38,2	51,1	58,8	650,4	355,3	54,6
2006	6,4	21,7	35,1	26,0	76,4	58,5	51,2	219,7	40,6	30,1	36,3	16,1	618,1	446,4	72,2
2007	69,8	47,8	20,6	6,6	81,1	44,0	123,8	10,4	19,5	48,6	58,2	18,1	548,5	278,8	50,8
2008	62,0	55,1	84,9	106,4	157,1	45,3	84,7	59,0	52,2	59,7	29,9	22,8	819,1	398,3	48,6
2009	44,8	37,4	37,3	3,1	30,9	169,8	156,6	54,3	34,9	116,9	60,0	82,1	828,1	446,5	53,9
2010	40,2	36,4	17,4	15,9	88,9	103,5	107,4	60,4	44,8	40,1	52,2	62,9	670,1	405,0	60,4
2011	44,2	24,9	6,0	13,8	70,5	62,3	119,1	56,9	17,9	39,8	20,2	37,8	513,4	326,7	63,6
2012	84,2	37,2	25,9	95,4	63,7	99,5	25,9	37,2	49,0	44,1	68,5	54,1	684,7	275,3	40,2
2013	53,0	40,7	39,1	16,9	75,3	92,5	42,2	23,7	37,8	21,9	92,1	28,6	563,8	271,5	48,2
2014	54,0	17,9	5,9	13,7	83,4	113,7	74,3	166,8	25,6	10,7	4,4	44,9	615,3	463,8	75,4
2015	54,9	30,7	21,0	26,3	58,2	12,2	49,6	0,0	82,6	26,8	58,5	28,4	449,2	202,6	45,1
2016	57,3	41,9	14,2	43,5	54,8	25,8	106,7	19,8	15,6	132,2	45,4	10,0	567,2	222,7	39,3
2017	46,2	21,6	42,8	74,4	21,0	45,6	120,0	70,9	87,6	94,9	57,0	51,5	733,5	345,1	47,0
2018	28,8	23,4	4,0	21,4	22,2	24,6	171,8	52,2	41,0	48,3	29,8	55,9	523,4	311,8	59,6
2019	27,3	22,7	40,9	4,0	48,9	40,8	65,4	89,5	17,0	5,1	60,3	71,0	492,9	261,6	53,1
2020	26,7	51,9	21,9	3,6	33,4	58,8	93,1	67,8	26,8	23,0	41,8	39,2	488,0	279,9	57,4
Среднее за 1991–2020 гг. (лиз. центр «Минск»)	44,0	38,1	31,6	34,6	57,1	63,9	84,5	58,5	42,9	49,0	48,0	41,7	593,7	306,8	51,3
Средненемноголетнее за 1991–2020 гг. (метеостанция Минск)	46,8	40,0	41,3	43,1	65,8	79,2	97,5	71,0	51,6	55,3	49,1	46,8	687,5	365,1	53,1

* процент количества осадков за 5–9 месяцев от годового.

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Таблица 3

Температура воздуха по г. Минску, 1991–2020 гг.

Годы	Температура воздуха по месяцам, °C												Среднегодо-вая	За май–сентябрь		
	месяц													сумма t °C	ГТК	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1991	-2,6	-5,3	0,7	6,7	10,8	15,9	18,6	18,1	13,2	7,0	2,2	-2,6	6,9	2345,5	1,13	
1992	-2,5	-2,0	2,5	4,9	12,5	16,9	19,4	20,5	12,1	3,4	-0,5	-2,5	7,1	2494,4	0,78	
1993	-2,4	-2,7	-0,7	6,8	15,6	14,4	16,2	15,0	9,1	6,0	-6,8	-1,1	5,8	2155,8	1,74	
1994	-0,8	-8,0	-0,7	8,5	11,3	14,2	20,2	17,3	14,5	5,4	0,3	-4,0	6,5	2373,8	1,15	
1995	-4,5	0,5	2,0	7,3	12,5	19,0	18,4	17,8	12,1	7,6	-1,6	-8,1	6,9	2442,7	0,87	
1996	-9,2	-8,1	-3,9	7,8	15,1	16,0	16,3	18,2	9,4	7,9	4,7	-6,9	5,6	2299,6	1,32	
1997	-5,3	-1,4	0,1	3,9	12,0	16,4	18,2	18,3	11,0	5,1	1,5	-5,2	6,2	2325,5	1,21	
1998	-1,4	-0,5	-0,8	7,6	13,2	17,7	17,2	15,1	11,7	5,9	-5,3	-5,1	6,3	2292,5	1,98	
1999	-3,2	-4,6	0,9	10,0	10,7	21,1	21,3	17,7	13,9	6,9	-0,8	-1,2	7,7	2590,7	0,62	
2000	-3,9	-0,8	1,1	10,7	13,4	16,1	16,9	17,1	10,5	8,7	3,8	0,2	7,8	2267,4	0,98	
2001	-2,5	-4,2	-0,4	9,4	12,8	15,4	22,0	18,1	12,1	8,0	1,1	-8,4	7,0	2464,9	1,57	
2002	-3,0	1,4	3,1	8,4	15,1	17,2	21,9	19,7	12,2	4,4	1,1	-9,3	7,7	2639,7	0,68	
2003	-5,7	-6,6	-0,5	4,9	15,3	15,5	19,9	16,6	12,0	4,5	2,4	-1,2	6,4	2430,8	1,06	
2004	-7,1	-4,5	1,2	2,0	10,8	15,1	18,2	18,6	12,5	7,4	0,4	-0,3	6,2	2303,6	1,47	
2005	-1,4	-6,2	-3,9	4,6	10,4	15,7	19,6	17,9	13,7	7,4	0,9	-3,0	6,3	2366,9	1,50	
2006	-8,4	-8,4	-3,1	7,0	12,5	17,0	20,5	17,7	13,7	8,3	2,7	2,7	6,9	2492,7	1,79	
2007	0,3	-7,9	5,1	5,8	15,1	18,4	18,1	20,3	13,1	6,9	-0,3	-1,1	7,8	2603,5	1,07	
2008	-2,6	0,5	1,8	9,3	11,9	16,6	18,2	18,4	12,4	8,5	1,9	-1,0	8,0	2373,5	1,68	
2009	-4,1	-4,1	0,2	8,6	12,5	15,9	18,6	18,2	14,1	5,5	3,5	-4,1	7,1	2428,3	1,84	
2010	-11,1	-4,8	0,2	8,7	14,6	18,4	22,6	20,9	11,9	4,4	4,2	-7,3	6,9	2710,1	1,49	
2011	-3,8	-8,2	-0,3	8,8	14,2	18,7	20,7	18,2	13,9	6,2	2,3	1,1	7,7	2624,1	1,27	
2012	-5,0	-10,5	1,0	8,0	14,7	15,6	21,0	18,3	13,6	6,9	3,6	-5,8	6,8	2550,0	1,08	
2013	-7,3	-2,0	-4,9	6,8	16,8	19,0	18,5	18,3	11,8	7,9	4,5	0	7,5	2585,6	1,05	
2014	-7,4	-0,9	5,4	8,3	14,3	14,5	20,3	18,5	12,9	6,2	0,9	-2,6	7,5	2468,1	1,88	
2015	-1,3	-1,1	4,0	7,4	12,1	16,6	18,1	19,6	14,5	5,4	3,8	1,6	8,4	2476,8	1,26	
2016	-7,4	1,0	1,5	8,3	14,7	18,0	19,7	18,8	13,9	4,9	-0,2	-1,4	7,7	2606,2	0,85	
2017	-5,7	-3,1	4,2	6,0	16,9	16,4	17,6	21,4	13,7	6,7	2,8	0,5	8,1	2635,9	1,31	
2018	-2,8	-6,0	-2,6	11,1	18,0	18,4	20,6	20,7	15,5	8,2	0,7	-2,1	8,3	2855,3	1,09	
2019	-5,1	-0,1	3,0	8,1	14,2	20,3	16,5	17,0	12,2	9,2	4,0	1,7	8,4	2453,7	1,07	
2020	1,2	1,5	3,1	6,1	11,0	19,5	18,6	19,6	13,9	10,5	3,6	-1,2	9,0	2527,2	1,11	
Среднее за 1991–2020 гг. (лиз. центр «Минск»)	-4,2	-3,57	0,64	7,4	13,5	17,0	19,1	18,4	12,7	6,7	1,4	-2,6	7,2	2472,8	1,26	
Среднемноголетнее за 1991–2020 гг. (метеостанция Минск)	-4,3	-3,6	0,5	7,3	12,9	16,5	18,5	17,6	12,3	6,4	1,2	-2,7	6,9	2383,0	1,53	

Инфильтрация атмосферных осадков в почвах зависит не только от их количества и интенсивности, температурного режима, условий испарения, растительного покрова, но изменяется в зависимости от типа и гранулометрического состава почв.

Таблица 4
Изменение инфильтрации атмосферных осадков в пахотных наиболее распространенных почвах Республики Беларусь
(слой почвы 1,0–1,5 м, среднее за 1999–2020 гг.)

Название почвы	Годы				Инфильтрация от суммы осадков, %
	1991–2020 гг.	1991–2000 гг.	2001–2010 гг.	2011–2020 гг.	
1. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, лиз. 1, 2	108,9	71,7	129,9	125,2	18,3
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (агрозем), лиз. 33, 34	108,4	80,1	128,5	116,6	18,3
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11, 12	132,6	113,2	146,9	137,6	22,3
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	164,1	134,3	187,5	170,4	27,6
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	144,2	108,9	182,4	141,3	24,3
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте, лиз. 7, 8	173,3	137,8	194,7	187,4	29,2
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	164,6	136,7	195,9	161,3	27,7
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках, лиз. 13–16	212,5	204,6	249,1	183,9	35,8
9. Торфянная низинная, лиз. 23, 24	97,2	77,5	156,7	57,5	16,4
Среднегодовое по всем почвам	145,1	118,3	174,6	142,4	24,4
HCP _{0,5}	12,87	9,5	14,8	13,7	–

В таблице 4 приведена инфильтрация атмосферных осадков за последнее 30 лет (1991–2020 гг.) на почвах разного типа и гранулометрического состава. При сравнении инфильтрации атмосферных осадков в почвах по десятилетиям (1991–2000, 2001–2010 и 2011–2020 гг.) и в среднем за (1991–2020 гг.) установлено, что среднегодовая инфильтрация изменилась в зависимости от типа и грануломе-

трического состава почв и в среднем находилась в пределах от 97,2 л/м² (торфяная) до 212,5 л/м² (песчаная). Процент инфильтрации атмосферных осадков от их выпавшего количества изменялся на дерново-подзолистых почвах в пределах от 18,3 % (легкосуглинистые почвы) до 35,8 % (песчаные), на торфянной низинной при возделывании сельскохозяйственных культур в севооборотах – 16,4 %.

Поступление химических элементов с осадками на поверхность почв является одной из приходных статей хозяйственного баланса и оценка химического состава атмосферных осадков, как важного звена круговорота химических веществ и определение поступления с ними химических элементов при настоящем уровне антропогенной нагрузки на окружающую среду актуально.

В атмосферных осадках преобладают те же ионы, что и в поверхностных и грунтовых водах: NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ и др. Среднегодовое поступление элементов питания с атмосферными осадками на поверхность почв в лизиметрическом центре «Минск» за 1991–2020 гг. приведено в таблице 5.

Таблица 5

**Поступление элементов питания на поверхность дерново-подзолистых и торфяной низинной почв с атмосферными осадками, кг/га
(по данным лизиметрического центра «Минск», 1991–2020 гг.)**

Среднегодовое поступление элементов с атмосферными осадками, кг/га	рН водный	Поступление элементов питания, кг/га									
		N-NO ₃	N-NH ₄	N общ.	N-NO ₂ *	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	Ca	Mg	Na
7,21	13,6	16,2	29,8	1,4	12,0	1,3	14,8	36,1	4,5	9,3	

* средние данные по поступлению N-NO₂ за 2016–2020 гг.

Установлено, что в среднем за 30-летний период (с 1991 по 2020 гг.) с атмосферными осадками поступало на поверхность почв азота нитратного (N-NO₃) 13,6 кг/га, азота аммонийного (N-NH₄) 16,2 кг/га, общего азота – 29,8 кг/га, калия (K₂O) – 12,0 кг/га и фосфора (P₂O₅) – 1,3 кг/га, серы – 14,8 кг/га, кальция – 36,1, магния – 4,5 и натрия – 9,3 кг/га. Поступление N-NO₂ приведено по средним данным за 2016–2020 гг., которое составило – 1,4 кг/га. Общее количество растворенных веществ в атмосферных осадках, представленных в таблице 5, составило – 36,4 мг/л.

Средняя кислотность (рН водный) атмосферных осадков на лизиметрической станции составила 7,21, по литературным данным обычно она находится в пределах от 5 до 7. Общее количество растворенных веществ в осадках не превышает 100 мг/л, но, зачастую, меньше 50 мг/л. Минерализация атмосферных осадков Русской равнины находилась в пределах от 25 до 206 мг/л, причем морские соли составляли только 3–7 мг/л, а континентальные – 23–200 мг/л. Отмечалось, что минерализация осадков зависит от времен года: зимой, весной и во влажный период она ниже, чем в сухой [2].

В условиях изменения климата очень важным является сравнительная оценка засушливых явлений (бездождных периодов) при возделывании сельскохозяйственных культур. Бездождным считается период, когда в течение 10 дней подряд за сутки выпадает меньше 1 мм осадков. Неэффективны также осадки менее 5 мм. Известно, что независимо от первоначальных запасов влаги в почве, уже после

10 дней без атмосферных осадков (или с незначительными осадками до 5 мм) растения из-за недостатка влаги, угнетаются, задерживается их рост и развитие, что приводит к недобору урожая сельскохозяйственных культур. Несмотря на то, что Республика Беларусь расположена в зоне достаточного увлажнения, опасные бездождные периоды с апреля по октябрь наблюдаются ежегодно. По данным М. А. Гольберга и др., повторяемость лет с бездождьми периодами в среднем по республике составляла: в апреле – 49 %, мае – 51, июне – 42, июле – 35, августе – 44, сентябре – 52 и октябре – 56 %. Для Беларуси характерно преобладание бездождья продолжительностью 10–20 дней примерно 3 раза в году. Бездождья, длящиеся более 20 дней, наблюдались около семи раз, а более 30 дней – до двух раз в десятилетие. Наиболее опасны бездождные периоды с апреля по июль на дерново-подзолистых песчаных и рыхлосупесчаных, подстилаемых рыхлыми песками почвах [8].

Важным показателем погодных условий вегетационного периода является суммарная продолжительность бездождя (СПБ). Средняя величина суммарной продолжительности бездождя составляет около 50–65 дней, раз в 10 лет она может превышать средние значения более чем в 1,5 раза. Например, бездождные периоды в 1951 г. по ряду районов Беларуси составляли 62–87 дней (за это время в центральной части республики выпало только 30 % осадков от нормы) [8]. Необходимо также отметить, что бездождье, длящиеся более 30 дней, наблюдалось три раза за период с 1981 по 1990 гг.; 8 раз – за 1990–2000 гг. и 5 раз – за 2001–2010 гг. [6].

По нашим исследованиям установлено, что количество бездождных периодов с мая по сентябрь (1991–2020 гг.) в г. Минске в среднем составляло 4,7. Суммарная продолжительность бездождя, определяемая как сумма числа дней бездождных периодов, составила – 88,4 дней, или 57,8 % от величины вегетационного периода (май–сентябрь). Минимальная продолжительность бездождного периода была на уровне 11,9 дня, максимальная – 29,4 дня (табл. 6).

Таблица 6
Бездождные периоды в центральной части Республики Беларусь
(лизиметрическая станция «Минск») за 5–9 месяц 1991–2020 гг.

Годы	Количество бездождных периодов	Минимальный и максимальный период, дни	Сумма бездождных дней	% к вегетационному периоду	Средняя длина бездождного периода, дни
1991	5	13/28	105	68,6	21,0
1992	4	11/48	92	60,1	23,0
1993	4	11/25	70	45,8	17,5
1994	7	11/35	110	71,9	15,7
1995	4	11/47	112	73,2	28,0
1996	5	13/30	106	69,3	21,2
1997	6	11/31	102	66,8	17,0
1998	4	11/26	69	45,1	17,3
1999	5	11/60	156	102,0	31,2
2000	6	13/45	124	81,0	20,7
2001	5	11/30	91	59,5	18,2

Продолжение таблицы 6

Годы	Количество бездожных периодов	Минимальный и максимальный период, дни	Сумма бездожных дней	% к вегетационному периоду	Средняя длина бездожного периода, дни
2002	5	15/34	117	76,5	23,4
2003	5	16/32	119	77,8	23,8
2004	5	11/16	64	41,8	12,8
2005	5	11/26	91	59,5	18,2
2006	5	12/26	93	60,8	18,6
2007	6	11/39	126	82,4	21,0
2008	3	11/25	60	39,2	20,0
2009	4	11/42	80	52,3	20,0
2010	3	15/24	55	35,9	18,3
2011	4	14/28	78	51,0	19,5
2012	5	11/25	87	56,9	17,4
2013	6	11/19	80	52,3	13,3
2014	4	11/13	45	29,4	11,3
2015	5	10/31	81	52,9	16,2
2016	6	10/16	81	52,9	13,5
2017	4	10/19	59	38,6	14,8
2018	4	11/14	50	32,7	12,5
2019	3	18/27	70	45,8	23,3
2020	5	11/22	78	51,0	15,6
Среднее (1991–2020 гг.)	4,7	11,9/29,4	88,4	57,8	18,8

ВЫВОДЫ

Анализ приведенных данных по лизиметрическому центру «Минск» и среднемноголетним данным по метеостанции Минск за период 1991–2020 гг. позволяет сделать следующие выводы:

1. Среднемноголетнее годовое количество атмосферных осадков в лизиметрическом центре «Минск» составило 593,7 мм, на 93,8 мм (13,6 %) ниже, по сравнению со среднемноголетним по метеостанции Минск (687,5 мм), в том числе за весенний период – на 26,9 мм, летний – 40,9, осенний – 16,1, зимний – на 9,9 мм.
2. За период с 1991 по 2020 гг. среднегодовая температура воздуха в лизиметрическом центре «Минск» составила 7,2 °C, при среднемноголетнем за этот период по г. Минску – 6,9 °C, сумма активных температур воздуха за май–сентябрь составила 2472,8 и 2383,0 °C соответственно, при ГТК – 1,26 и 1,53.

3. В центральной части Беларуси за период с 1991 по 2020 гг. на долю влажных лет приходилось 20 % (6 лет), оптимальных – 20 % (6 лет), слабозасушливых – 40 % (12 лет), засушливых – 13,3 % (4 года) и очень засушливых – 6,7 % (2 года).

4. Величина инфильтрации атмосферных осадков в большей степени изменяется в зависимости от типа и гранулометрического состава почв: общий объем инфильтрации атмосферных осадков составил в среднем за 1991–2020 гг. в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (лиз. 1, 2) – 108,9 л/м², рыхлосупесчаной,

подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлыми песками, (лиз. 9, 10) – 164,6, песчаных – 212,5 и торфяной низинной (в севообороте) – 97,2 л/м².

5. Среднегодовое (за 1991–2020 гг.) поступление химических элементов с атмосферными осадками на поверхность дерново-подзолистых и торфяной низинной в севообороте почв составило: азота нитратного – 13,6 кг/га, аммонийного – 16,2, общего – 29,8, калия – 12,0, фосфора – 1,3, серы – 14,8, кальция – 36,1, магния – 4,5 и натрия – 9,3 кг/га.

6. Количество бездождных периодов с мая по сентябрь в Минске в среднем составило 4,7 периодов, суммарная продолжительность бездождья – 88,4 дня, или 57,8 % от величины вегетационного периода, при минимальной продолжительности на уровне 11,9 дня, максимальной – 29,4 дня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голченко, М. Г. Влагообеспеченность и орошение земель в Белоруссии / М. Г. Голченко. – Минск : Ураджай, 1976. – 192 с.
2. Санец, Е. В. Химический состав атмосферных осадков и поверхностного стока в Минске / Е. В. Санец, Е. П. Овчарова, О. Е. Белькович // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования НАН Беларуси. – Минск, 2009. – Вып. 16. – С. 39–48.
3. Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. 2007 г.; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Минсктиппроект, 2008. – 376 с.
4. Interactions of atmospheric deposition with a mixed hardwood and a coniferous forest canopy at the Lake Clair Watershed (Duchesnay, Quebec) / D. Houle [et al.] // Canad. J. of Forest Research. – 1999. – Vol. 29, – № 12. – P. 1944–1957.
5. Janek, M. Wpływ drzewostanów iglastych na jakosc wod opadowych. 3. Doplwyp depozycu do dna lasu w drzewostanach iglastych puszczy Augustowskiej / M. Janek // Pr. Inst. Badawczego Lesnictwa. Ser. A. – 2002. – № 3. – S. 97–107.
6. Пироговская Г. В. Поступление, потери элементов питания растений в системе атмосферные «осадки – почва – удобрение – растение» / Г. В. Пироговская. – Минск : Беларуская наука, 2018. – 227 с.
7. Гидрометцентр России : [сайт]. – М. 2025. – URL <https://meteoinfo.ru/Novosti/99-pogoda-v-mire/17951-obnovlennyj-30-letnj-bazisnyj-period-otrazhaet-izmenenie-klimata> (дата обращения: 19.03.2025).
8. Гольберг, М. А. Опасные явления погоды и урожай / М. А. Гольберг, Г. В. Волобуева, А. А. Фалей. – Минск : Ураджай, 1988. – 120 с.
9. Принципиальная схема агрометеорологической оценки засух, засушливости территории и засухоустойчивости сельскохозяйственных культур: метод. указания; сост. Н.И. Калинин ; ВАСХНИЛ, Всесоюз. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. – Л. : ВИР, 1981. – 38 с.

**THE DYNAMICS OF CLIMATIC INDICATORS IN THE CENTRAL
PART OF BELARUS OVER THE LAST 30-YEAR PERIOD 1991–2020**
(according to the lysimetric center «Minsk»)

G. V. Pirogovskaya, A. S. Lemeshevskaya

Summary

The article presents data on the dynamics of climatic indicators (the amount of precipitation, air temperature, the amount of precipitation infiltration to a depth of 1,0–1,5 m, the flow of chemical elements with precipitation to the surface of sod-podzolic and peat lowland soils, the number of rainless periods (from May to September) according to the lysimetric center «Minsk» and the average annual data from the Minsk weather station for the period 1991–2020. It was found that the average annual annual precipitation in the lysimetric center Minsk decreased by 93,8 mm (13,6 %) compared with the average annual precipitation at the Minsk meteorological station (687,5 mm), including 26,9 mm in spring, 40,9 mm in summer, 16,1 mm in autumn, and 9,9 mm in winter. The average annual air temperature in the lysimetric center «Minsk» was 7,2 °C, with the average annual temperature for this period at the Minsk weather station being 6,9 °C, respectively, the sum of active air temperatures for May–September was 2472,8 and 233,0 °C, at the HCC – 1,26 and 1,53. The share of wet years accounted for 20 % (6 years), optimal – 20 % (6 years), slightly arid – 40 % (12 years), arid – 13,3 % (4 years) and very arid – 6,7 % (2 years). The amount of precipitation infiltration varies to a greater extent depending on the type and granulometric composition of soils: the total volume of precipitation infiltration averaged 108,9 l/m² in sod-podzolic light loamy soil (liz. 1, 2), friable sand, underlain from a depth of 0,3 m by loose sands, (liz. 9, 10) – 164,6, sandy – 212,5 and peat lowland (in crop rotation) – 97,2 l/m², with an average annual intake of chemical elements with precipitation on the surface of these soils, nitrate nitrogen – 13,6 kg/ha, ammonium – 16,2 and total nitrogen – 29,8, potassium – 12,0, phosphorus – 1,3, sulfur – 14,8, calcium – 36,1, magnesium – 4,5 and sodium – 9,3 kg/ha. The number of idle periods from May to September in Minsk averaged 4,7 periods, the total duration of idle time was 88,4 days (57,8 % of the value of the growing season), with a minimum duration of 11,9 days and a maximum of 29,4 days.

Поступила 31.03.25