

МЕТЕОРОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

Известия ТСХА, выпуск 2, 2012 год

УДК 551.586.003.12:631.524.84:633.1

АГРОКЛИМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

А.И. БЕЛОЛЮБЦЕВ, О.Э. СУХОВЕЕВА, И.Ф. АСАУЛЯК

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Продукционный процесс озимой пшеницы протекает в чрезвычайно многообразных и изменчивых погодно-климатических условиях, влияющих на растения в течение всего онтогенеза. В пределах одной и той же зоны с допускаемой стабильностью факторов внешней среды имеет место как закономерная, так и неопределенная их изменчивости, обусловленные, в том числе глобальными трансформациями климата, а также микроклиматическими особенностями конкретной территории. Это оказывает существенное влияние на рост и развитие растений, динамику формирования структуры урожая, на ход органогенеза за счет изменения скоростей различных физиологических и морфогенетических процессов и, в итоге, на продуктивность.

Ключевые слова: изменения климата, озимая пшеница, продуктивная влага, эрозия почв, снежный покров, условия перезимовки, экстремальность климата, продуктивность агроландшафтов.

Техногенная направленность современных систем земледелия с масштабным применением агрохимикатов и бессистемный подход к процессам интенсификации с.-х. производства обусловили целый ряд негативных последствий. Они проявляются в существенно возросших объемах потерь плодородия, разрушения и деградации почв, экологической уязвимости производства, снижении урожайности и высокой зависимости валовых уробов зерна от погодных условий.

Сложившаяся ситуация создала серьезную экологическую напряженность во многих регионах страны, что послужило основанием для пересмотра существующего подхода к землепользованию. Соблюдение требований рационального использования естественных природных ресурсов и учет средообразующего потенциала фитоценозов (света, тепла, влаги, почвенного плодородия), адаптация земледелия к природно-климатическим условиям конкретной территории и освоение природоохранных мероприятий по реабилитации техногенно нарушенных земель стали в последние годы непременным условием устойчивого развития агропромышленного производства.

Климат был и остается фактором не только природным, но экономическим и социальным. На сегодняшний день уже можно с уверенностью утверждать, что проблема современных климатических рисков выдвинулась в первый ряд глобальных вызовов XXI в. и приоритетов международной повестки дня. Особенную озабоченность вызывает беспрецедентно высокая скорость потепления, наблюдаемая в течение последних десятилетий. Производство продовольствия, стратегия развития энергетики, водное хозяйство и многие другие сферы экономической деятельности человека напрямую связаны с климатом.

Научные исследования в данной области из-за всеобщего внимания к проблеме изменений климата приобрели широкий размах. Однако модельные оценки и мнения специалистов о возможной реакции сельского хозяйства на текущие и ожидаемые изменения факторов природной среды часто носят противоречивый характер. Поэтому совершенствование методов оценки воздействий климатических изменений на агроландшафты является одним из приоритетных направлений современной аграрной науки, в рамках которого исследование продукционных процессов озимых зерновых культур оказывается очень важным и своевременным.

Методика исследования

Основные исследования выполнены в 1981-2005 гг. в стационарном многофакторном полевом опыте М-01-18-ОП, который был заложен осенью 1980 г. в Подольском районе Московской обл.

История ведения опыта включает в себя два периода. В первый период (1980-1989) на двух смежных склонах южной экспозиции развернут трехфакторный опыт; во второй (с 1990 г.) — с учетом дальнейшего совершенствования систем земледелия, комплексного изучения принципов разноглубинности, минимизации, почвозащитной целесообразности и экологической адаптивности приемов обработки почвы, построения на этой основе принципиально новых ландшафтных систем земледелия для эрозионно опасных территорий полевой опыт был модернизирован.

Схема двухфакторного опыта 6x2

А. Обработка почвы	В. Склон
1. Вспашка на глубину 20-22 см, поперек склона (контроль)	8°
2. Вспашка + щелевание на 40-50 см с нарезанием щелей через 7-8 м	4°
3. Плоскорезная на 18-20 см + щелевание через 1,4 м	
4. Плоскорезная + чизелевание на 38-40 см	
5. Поверхностная на 6-8 см + щелевание через 3-4 м	
6. Поверхностная	

На опытном участке развернут пятипольный почвозащитный зернотравяной севооборот во времени: 1 — овес; 2 — ячмень с подсевом многолетних трав; 3 — многолетние травы 1-го года пользования; 4 — многолетние травы 2-го года пользования; 5 — озимая пшеница.

Предпосевная обработка почвы под возделываемые культуры, за исключением многолетних трав, включает в себя дискование (БДТ-3) и обработку РВК-3,6 на глубину заделки семян. Основные обработки применяли дифференцированно. Нарезание щелей (ЩН-2-140) по вспашке и поверхностной обработке (зябь) проводили в позднеосенний период при устойчивом промерзании почвы на глубину 3-5 см; при возделывании озимой пшеницы — перед посевом культуры; многолетних трав — в осенний период до промерзания почвы. Для усиления почвозащитной эффективности поверхностной обработки после первого укоса многолетних трав второго года пользования (один раз в ротацию севооборота) применяли чизелевание на глубину 38-40 см плугом ПЧ-4,5М. Все обработки и посев осуществляли поперек склона.

Повторность 3-кратная, число вариантов — 6, делянок — 36. Общая площадь опыта составляет 6 га.

Результаты и их обсуждение

Возможные последствия изменений климата для сельского хозяйства рассмотрены на примере возделывания основной зерновой культуры — озимой пшеницы, которая считается одной из наиболее зависимых по времени и воздействию от климатических факторов в период возделывания. Кроме того, выбор этой культуры обусловлен и тем, что озимая пшеница обеспечивает не только продуктивную, но и в значительной степени физическую устойчивость агроландшафтов, расположенных на склоновых землях, являясь важным компонентом изучаемого в опыте почвозащитного севооборота. Это имеет принципиальное значение в эффективном и безопасном их функционировании.

Успешное возделывание озимой пшеницы, как и других зимующих культур (озимой ржи, многолетних трав и др.), зависит от сочетания внешних факторов: как теплого, так и холодного периодов года.

Своевременные и дружные всходы — одно из важнейших условий почвозащитной эффективности, успешной перезимовки и высоких урожаев. В настоящее время общепризнанным является вывод, что скорость появления всходов зависит от температуры воздуха и влажности верхних слоев почвы. Наименьшая продолжительность (5-7 дней) периода посев — всходы озимой пшеницы наблюдается при температуре 14-20°C и запасах влаги пахотного слоя 30-60 мм, а при температуре 7-8°C — только через 17-20 дней. При той же температуре, но с уменьшением запасов продуктивной влаги до 6-7 мм — через 20-25 дней [8]. От влажности зависит и состояние всходов. При запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы 6-10 мм состояние всходов плохое; 15-20 мм — удовлетворительное; 30-60 мм — хорошее, а менее 5 мм — всходы озимых не появляются совсем [3].

Проведенная оценка увлажнения основного вегетационного цикла с.-х. культур по ГТК Селянинова показывает нарастающую тенденцию роста засушливости с начала 1990-х гг. в целом и второй половины периода вегетации особенно. Если в 1980-е гг. общие условия за период превышают климатическую норму и характеризуются как влажные (1,52), а число засушливых месяцев (ГТК < 1) июля — августа составляет всего три, то в 1990-е гг. их количество достигает восьми, а с начала 2000-х гг. уже семь, из них четыре — как очень засушливые (ГТК < 0,7). За последние пятнадцать лет ГТК за эти месяцы достиг уровня 1,21 (при норме 1,46), а в целом за вегетацию 1,30 (1,44), что в итоге характеризует недостаточное увлажнение территории (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Гидротермический коэффициент, 1981-2005 гг. (агрометпост Голохвастово)

Год	Май	Июнь	Июль	Август	В среднем за период вегетации
В среднем за 1981-1990 гг.	1,08	1,77	1,60	1,54	1,52
В среднем за 1991-2005 гг.	1,35	1,58	1,20	1,23	1,30

Особую важность для дальнейшего развития растений озимой пшеницы представляет этап осеннего кущения. В этот период образуются колосоносные стебли, а следовательно, формируется будущий урожай и в целом определяется продуктивная устойчивость агроэкосистем. Кроме того, осенние побеговые играют существенную роль в обеспечении физической (экологической) устойчивости эрозионно опасных ландшафтов за счет увеличения проективного покрытия эродированной почвы.

Благоприятные условия для перезимовки растений создаются при продолжительности осеннего кушения от 10 до 30 дней [13], со средней температурой воздуха 9-12°C [6]. Для образования 6 побегов хорошо кустящихся сортов озимой пшеницы за период от всходов до начала кушения необходима сумма эффективных температур 166°C [9]. Однако очень высокая кустистость растений осенью может снизить зимостойкость, а в сухие годы отрицательно сказаться на урожайности и качестве зерна [5]. Тем не менее максимальной урожай озимой пшеницы наблюдается в годы с большой кустистостью их осенью, но при благоприятных условиях перезимовки и увлажнения весенне-летнего периода.

Признавая значимость отдельных этапов органогенеза, все же состояние озимых к концу осени зависит от агрометеорологических факторов и их сочетаний в течение всего осеннего периода вегетации и ежегодно бывает неодинаковым не только в разных по климатическим условиям зонах, но и на одном и том же поле [4]. Данный вывод особенно актуален для территорий со сложным рельефом местности, где решающее значение в развитии растений имеют экологические режимы места обитания. Последние обусловлены прежде всего влиянием эрозионных процессов, которые вызывают заметную дифференциацию склоновых земель по плодородию, а также микроклиматическими особенностями и различиями таких территорий.

На эрозионно опасных землях помимо решения вопроса биологической продуктивности, связанной в т.ч. и с успешной перезимовкой растений, особенно остро стоит проблема предотвращения или минимизации процессов водной эрозии почв [1, 2]. Это достигается на основе применения комплекса почвозащитных мероприятий, где важной составной частью и является возделывание озимой пшеницы.

Процессы эрозии наиболее интенсивно проходят при возделывании яровых зерновых, причем независимо от приемов обработки почвы. В условиях смены полевых культур в севообороте полное или частичное отсутствие растительных остатков на почве в наиболее эрозионно опасный весенний период создает условия для активного отчуждения мелкозема с поверхностным стоком талых вод. Потери почвы при возделывании овса и ячменя колеблются от 0,12 т/га на склоне крутизной 4° до 0,75 т/га на склоне крутизной 8° (табл. 2).

Применение в севообороте озимой пшеницы и смеси бобово-злаковых трав 1-го и 2-го года пользования заметно усиливает его почвозащитную и экологическую функцию. Высокое проективное покрытие при возделывании этих культур (по многолетним травам до 96%), хорошо развитая корневая система эффективно предохраняют почву от смыва и размыва тальми водами. Это снижает интенсивность эрозионных процессов по сравнению с незащищенным фоном в среднем в 7-10 раз на склоне крутизной 4° и в 5-7 раз — при его удвоении, где эродирующие свойства поверхностного стока талых вод проявляются особенно агрессивно.

Не менее важное значение в продукционном процессе имеют метеорологические условия холодного периода года. Они во многом определяют экономическую эффективность возделывания зимующих культур. Термический режим и режим осадков являются основными средообразующими факторами, обеспечивающими безопасную перезимовку растений, особенно на склоновых землях.

Наглядное представление об устойчивости холодных периодов последних десятилетий по термическому режиму дает анализ средних сумм отрицательных среднесуточных температур воздуха, а также количество дней с температурой выше 0°C, включающих и оттепели.

Отмечается заметное нарастающее перераспределение тепла в пределах холодного сезона (табл. 3). При возрастании контрастности температур и некотором

Таблица 2

Почвозащитная (т/га) и стокорегулирующая (мм) способность полевых культур на склонах разной крутизны под действием противозрозионных приемов обработки (1981-2005)

Вариант обработки	Яровые зерновые (10 лет)	Многолетние травы (9 лет)	Озимая пшеница (6 лет)
<i>Склон крутизной 8°</i>			
Вспашка (контроль)	20.4	21.9	22.6
	0,63	0,16	0,17
Вспашка + щелевание	14.4	17.6	19.3
	0,57	0,10	0,11
Поверхностная	24.8	26.5	21.3
	0,75	0,23	0,16
<i>Склон крутизной 4°</i>			
Вспашка (контроль)	5л	12.0	10.9
	0,21	0,05	0,02
Вспашка + щелевание	0,12	0,03	0,01
Поверхностная		13.9	11.0
	0,20	0,05	0,01

Примечание. В числителе — сток талых вод, мм, в знаменателе — смыв почвы, т/га.

Таблица 3

Сумма отрицательных среднесуточных температур воздуха холодного периода, °С

Период	Ноябрь	Де-кабрь	Январь	Фев-раль	Март	Сумма за период
Средняя многолетняя	-85	-251	-331	-311	-173	-1151
1980-1990 гг.	-118	-192	-246	-287	-114	-957
1990-2005 гг.	-133	-202	-199	-213	-129	-876
Отклонение(±) 1990-2005 к 1980-1990	-15	-10	47	74	15	81

похолодании в начале периода (ноябрь) наблюдается существенное потепление в центральные зимние месяцы. Обращает на себя внимание резкое снижение в последние годы сумм отрицательных среднесуточных температур за февраль — почти на 100°С по сравнению с нормой и на 74°С — к 1980-м гг.

В Нечерноземной зоне озимая пшеница чаще всего повреждается от вымерзания, выпревания и ледяной корки, обусловленных воздействием неблагоприятных внешних факторов: суровых малоснежных зим или, напротив, аномально теплых неустойчивых холодных периодов. Наличие интенсивных оттепелей с последующими резкими переходами к низким отрицательным температурам существенно осложняют условия перезимовки растений.

Факт присутствия длительно-однонаправленных изменений количества дней с температурой воздуха выше 0°C (включающих оттепели) за последние 25 лет не подлежит сомнению ($R^2 = 0,44$). При этом сохраняется и общая закономерность их распределения в пределах изучаемого периода. Если в первое десятилетие число таких дней соответствует климатической норме (34), то в 1990-2005 гг. их рост составляет 76%. Количество интенсивных оттепелей в зимний сезон с температурой выше 2,5°C, т.е. наиболее опасных для формирования негативных свойств почвы и условий перезимовки, возрастает более чем в 2 раза.

Благоприятная перезимовка озимой пшеницы связана с ее состоянием в осенний период и процессом закалки, когда при оптимальном сочетании этих факторов растения могут выдерживать температуру на глубине узла кущения -20... -22°C. При неблагоприятных условиях закалки осенью и дальнейшей перезимовки, с наличием продолжительных интенсивных оттепелей и общего неустойчивого термического режима озимая пшеница может повреждаться при температуре на глубине узла кущения -15...-16°C и даже выше [8]. При этом исключительное значение имеет высота снежного покрова, где защитное его действие на температуру почвы возрастает с понижением температуры воздуха [10, 11].

Накопление и распределение снежных запасов в условиях агроландшафта разной крутизны в основном зависит от температуры воздуха, изменения скорости ветра и турбулентного трения, обусловленного различного рода препятствиями (пожнивными остатками, микрорельефом и др.). Влияние последнего фактора наиболее выражено в начале зимы и определяется состоянием поверхности почвы (агрофоном). По мере накопления снега эти различия сглаживаются и далее уже не зависят от приемов агротехники. Воздействие фактора крутизны склона на процессы снегонакопления прослеживается в течение всего зимнего периода. Мощность снежного покрова в среднем может достигать 35 см и более, создавая предпосылки для выпревания растений озимой пшеницы (табл. 4).

Как известно, выпревание происходит вследствие теплых неустойчивых зим и длительного (три - четыре декады) пребывания растений под мощным снежным покровом (более 30 см), при сохранении температуры почвы на глубине узла куще-

Т а б л и ц а 4

Максимальная высота снежного покрова (см) и запасы воды в снеге (мм) в зависимости от агротехнических приемов обработки почвы, крутизны и элементов склона (1999-2005)

Вариант обработки	Элементы склона			В среднем по склону	
	верх	середина	низ	высота снега, см	запасы воды, мм
<i>Склон крутизной 8°</i>					
Вспашка (контроль)	29,4	31,0	30,9	30,4	94,0
Вспашка + щелевание	29,2	29,8	30,2	29,7	87,2
Поверхностная	30,6	31,3	30,9	30,9	89,3
<i>Склон крутизной 4°</i>					
Вспашка (контроль)	33,4	34,7	36,2	34,8	91,0
Вспашка + щелевание	32,3	34,9	34,0	33,7	88,6
Поверхностная	33,5	34,0	34,4	34,0	91,7

ния, близкой к 0°C. При таких условиях жизнедеятельность озимых остается повышенной. В процессе выпревания растений выделяют три фазы: истощение, голодание и гибель при развитии грибных заболеваний. Процесс истощения продолжается 2-3 мес. [7]. Его продолжительность зависит от температуры верхних слоев почвы, состояния растений с осени и степени их закалки. Хорошо развитые и закаленные осенью растения имеют в узлах кущения около 20-25%, а в листьях около 17% сахаров в пересчете на сухое вещество, а после прохождения фазы истощения количество сахаров уменьшается до 2-4%. Дальнейшее истощение растений происходит в результате распада белков (фаза голодания) и накопления аминокислот. Одновременно развивается снежная плесень, которая ускоряет процесс расхода белков и приводит растения к гибели.

Вместе с тем влияние рельефа, а соответственно и неоднородность метелевого потока, не сказываются на общих запасах воды в снеге (см. табл. 4). Полученные результаты снегосъемок, на первый взгляд, могут показаться нелогичными и несоответствующими обычному режиму накопления влаги в условиях сложного рельефа. Существенное потепление зимних периодов последних лет и специфика вещественно-энергетических процессов, характерных для южных склонов, дали ответ на этот вопрос. Инсоляция и присутствие многочисленных интенсивных оттепелей зимой приводит к заметному стаиванию снежной массы на склонах и формированию на почве притертой ледяной корки разной толщины (до 40 мм), влагозапасы которой главным образом и нивелируют эти различия.

Ледяная корка оказывает важное влияние на функционирование агроландшафтов и относится к числу распространенных явлений зимних периодов последних лет. В литературе имеются разные суждения о влиянии ледяной корки на перезимовку озимых культур [7, 8, 13]. Различают два ее вида: притертая к почве и корка в виде прослойки в снегу. Наиболее опасной, по признанию большинства ученых, является притертая ледяная корка. Условия ее образования — неустойчивые холодные периоды и частые интенсивные оттепели зимой. Смерзшийся с почвой лед причиняет механические повреждения озимым и может привести их к гибели.

Характер холодных сезонов по термическому режиму для зимующих культур является одним из определяющих в их развитии. Последствия неблагоприятных агрометеорологических условий зимних периодов и вызванных ими повреждений существенным образом сказываются на дальнейшем состоянии озимой пшеницы. Даже при оптимальном сочетании элементов погоды в последующий весенне-летний сезон продуктивность и качество зерна значительно снижаются. Если же средообразующий потенциал фитоценозов и основного вегетационного цикла будет неблагоприятным, что происходит в основном из-за его засушливости, то производственные процессы пшеницы резко нарушаются. Отмечаются невыполненность зерновок колосков, пустозерность колоса и щуплость зерновок, что в конечном итоге приводит к резкому снижению урожайности или полной его гибели.

В последние десятилетия четко прослеживается возрастание экстремальности климата (табл. 5). Так, за последний 40-летний период прошлого века при холодном сезоне чаще наблюдаются случаи наступления экстремально максимальных температур за сутки (65%), существенно превышающие прежние пределы. А наиболее низкие температуры по-прежнему сосредоточены в первом 40-летнем периоде (69%). Это характерно и для теплого времени года (78%). Наиболее показательным в этом плане стал 2010 г., когда только за летний сезон было зарегистрировано более 20 температурных рекордов.

Повторяемость лет с экстремальными значениями температуры воздуха

Период, г.г.	Холодный период (ноябрь-март)		Теплый период (апрель-октябрь)		Год	
	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%
<i>Максимальная температура</i>						
1879-1918	19	13	62	29	81	22
1919-1958	34	22	69	32	103	28
1959-1998	98	65	83	39	181	50
<i>Минимальная температура</i>						
1879-1918	104	69	164	78	268	73
1919-1958	39	26	37	17	76	21
1959-1998	8	5	13	5	21	6

Для того чтобы оценить степень влияния экстремальных условий по радиационному тепловому и/или водному режиму на состояние и продуктивность растений необходим, как известно, дифференцированный агрометеорологический подход к изучению совместного действия факторов на растения.

Для примера рассмотрим экстремальный по погодным условиям 2010 г. Он был самым неурожайным: на большей части европейской территории России наблюдалась сильнейшая за последние 120 лет засуха. По данным Минсельхоза России, было собрано чуть более 60 млн т зерна. Например, недобор урожая яровых зерновых культур по сравнению с предшествующим периодом составил 5-8 ц/га, или 30-50% от обычной урожайности [12]. Валовой сбор зерна озимой пшеницы в 2010 г. по сравнению с 2009 г. снизился почти на 33%, а по озимой ржи более чем на 60%.

О засухе 2010 г., а также условиях увлажнения за последнее десятилетие можно судить по данным метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (табл. 6).

Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова за основной вегетационный период (май - август) 2010 г., представляющий собой отношение осадков (175,3 мм) к испаряемости (262,0), составил 0,67, что достоверным образом характеризует засуху. Приведем ее определение по ГОСТу (70-е годы XX в.): «засуха это сочетание такого недостатка осадков и повышенной испаряемости, которое при отсутствии необходимого уровня агротехники вызывает несоответствие между потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы, в результате чего снижается урожай».

Это несоответствие острейшим образом сложилось в июле 2010 г. Гидротермический коэффициент составил 0,10, что характерно для условий пустыни. С третьей декады июня по первую декаду августа (5 декад подряд) сумма осадков составила всего лишь 8,9 мм, а рассчитанный ГТК за этот период — соответственно 0,06. Такие условия увлажнения свидетельствуют о жесточайшей засухе. При этом количество тепла ($\sum t > 10^{\circ}\text{C}$) за основной вегетационный цикл достигло 2620 $^{\circ}\text{C}$. Подобной теплообеспеченности на данной территории не отмечалось за всю 130-летнюю историю непрерывных метеонаблюдений.

Гидротермический коэффициент, 2000-2010 гг.

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сумма (май - август)		ГТК
					температур	осадков	
2000	0,68	2,89	2,49	1,73	1926	390,2	2,07
2001	3,45	1,30	0,88	0,81	2094	293,4	1,4
2002	0,49	0,99	0,43	0,44	2181	125,7	0,58
2003	0,86	1,70	1,42	3,00	1949	358,4	1,84
2004	1,48	2,54	2,31	2,31	2012	379,6	1,87
2005	2,08	1,65	1,82	0,56	2114	319,2	1,51
2006	1,62	1,21	0,41	2,57	2056	293	1,43
2007	0,63	0,46	1,08	1,04	2255	185,8	0,82
2008	1,72	1,38	2,26	2,25	1194	388,3	3,25
2009	1,35	1,05	1,50	1,48	2132	289,3	1,36
2010	1,06	0,94	0,10	0,81	2620	175,3	0,67
В среднем за 2000-2010 гг.	1,40	1,46	1,34	1,55	2048	291	1,42
В среднем за 100 лет	1,45	1,42	1,44	1,52	1955	285	1,46

В качестве упреждающих мер активному развитию негативных процессов в фитоценозах применяют комплекс агротехнических приемов [1, 14]. Они позволяют направленно регулировать среду обитания растений, используя для этого прежде всего их биологические особенности.

Озимая пшеница относится к культурам, имеющим хорошо развитую и глубоко проникающую в почву корневую систему. Поэтому рыхление подпахотного горизонта является важным условием для нормального роста и развития вегетативной массы. Применение щелевания, с разрезанием и рыхлением почвенного профиля лапами агрегата на глубину 40-50 см, наиболее полно из анализируемых вариантов отвечает этим требованиям. Щелевание обеспечивает оптимальную площадь и уровень питания для корневой системы, повышает устойчивость растений пшеницы к неблагоприятным природным условиям, в т.ч. к засухе. Во многом именно по этой причине в 2000 г., в сложившейся экстремальной ситуации произрастания озимой пшеницы (редкое сочетание комплекса неблагоприятных внешних факторов основного вегетационного и зимнего периодов), поверхностная обработка почвы (дискование на 6-8 см) не обеспечивает необходимые условия для формирования высокого урожая. Он составил на склонах 8 и 4° соответственно 1,32 и 1,24 т/га, что почти в 1,5 раза ниже, чем в других изучаемых вариантах (рис. 1).

Выявленные закономерности характерны и для других с.-х. культур, имеющих в своем развитии период с отрицательными температурами.

Одним из наиболее убедительных аргументов в пользу важнейшего влияния факторов климата на развитие растений могут служить результаты трендового анализа урожайности многолетних трав (рис. 2). Эти культуры по праву считаются средостабилизирующими и от них главным образом зависит экологическая и продуктивная устойчивость функционирования любых агроландшафтов. Применение многолетних трав в качестве предшественника является одним из неперемных условий максимально эффективного использования озимыми зерновыми естественного природно-ресурсного потенциала и, следовательно, максимальной продуктивности.

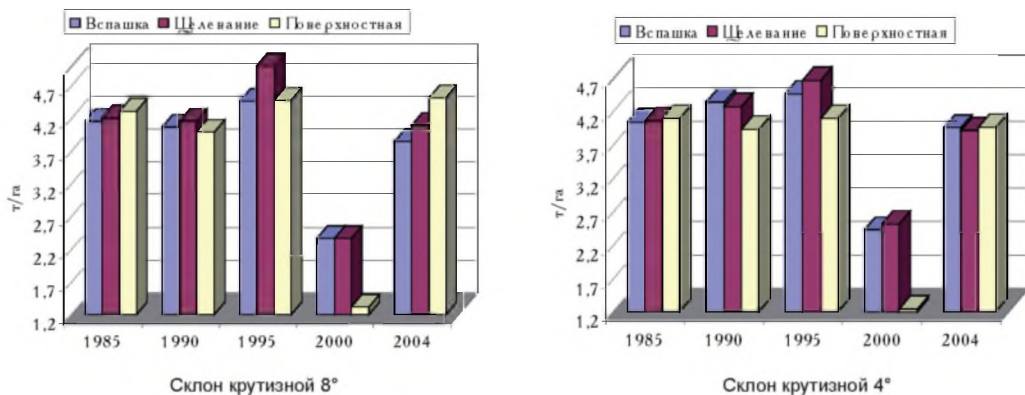


Рис. 1. Урожайность озимой пшеницы на склоне крутизной 8 и 4° в зависимости от приемов обработки почвы

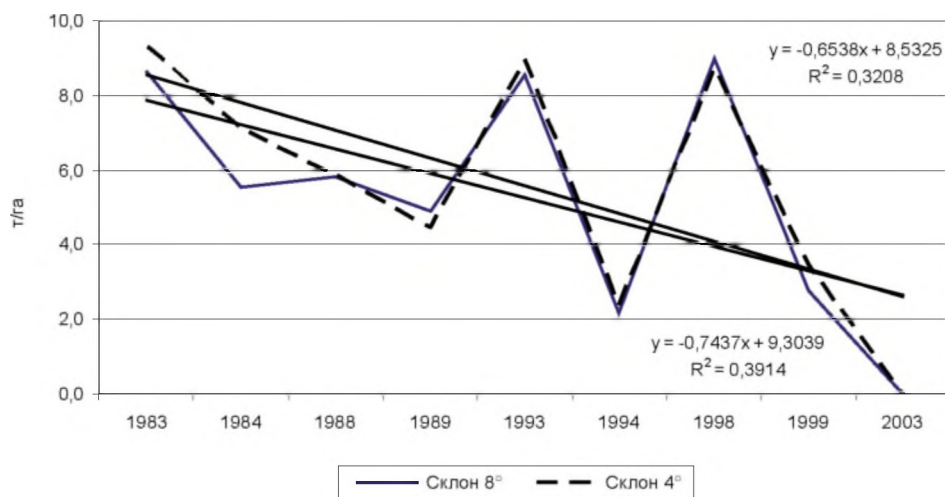


Рис. 2. Тренд урожайности сена многолетних трав в зависимости от элементов агроландшафта, 1981-2004 гг.

Негативная направленность изменений урожайности трав в период исследований, к сожалению, не вызывает сомнений, причем как на склоне крутизной 8° ($R^2 = 0,32$), так и на склоне крутизной 4° ($R^2 = 0,39$). По графику не трудно определить, что особенно серьезные изменения происходят с 1989 г., колебания урожайности трав 1-го и 2-го года пользования носят существенный характер. Если в 1980-е гг. зависимость урожайности многолетних трав от погодных условий (температурного и влажностного режимов) не превышает 30%, то с начала 1990-х гг. этот показатель возрастает более чем в 2 раза.

Урожайность многолетних трав 1-го года в целом соответствовала уровню предшествующего периода, тогда как при возделывании их второй год отмечено резкое его снижение вследствие массового выпадения из травостоя бобового компонен-

та (клевера красного). Исследованиями, проведенными в период 1983-1989 гг., установлено неодинаковое распределение стеблей клевера красного в травостое, а также его массы в сухом сене в зависимости от изучаемых приемов обработки. Наибольшее количество стеблей клевера отмечалось в первый год пользования по поверхностной обработке — 79,7% (по массе это составляет 91,2%), по вспашке — 72,4% (90,8), щелеванию — 74,2% (89,1). В травостое многолетних трав второго года пользования доля клевера заметно снижалась (до 34%), где преобладали уже злаковые травы.

Подобное соотношение отмечено и в последующие две ротации севооборота, за исключением того, что во второй год пользования количество клевера в стеблестое снизилось более чем в 3 раза и не превышало 11%. Массовое изреживание клевера с конца 1980-х и начала 1990-х гг. было обусловлено неблагоприятными условиями перезимовки, характерными для этого периода. Крайне негативным результатом влияния внешних условий на агроценозы стала полная гибель многолетних трав в 2003 г. Этому способствовали и чрезвычайно засушливые условия (ГТК = 0,5) вегетационного периода предшествующего 2002 г. В этой связи весьма настораживающим выглядит тот факт, что в последние годы влияние опасных экстремальных природных явлений все чаще сводится к существенному дефициту основных факторов жизни растений.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ результатов длительных научных исследований показывает, что механизм воздействия климата на устойчивость сельского хозяйства в целом и продуктивность эрозионно опасных агроландшафтов особенно является чрезвычайно сложным, многогранным и глубоким. Продукционный процесс озимой пшеницы, как и других с.-х. культур, имеющих в своем развитии период с отрицательными температурами, протекает в чрезвычайно многообразных и изменчивых погодно-климатических условиях. В пределах одной и той же зоны с допускаемой стабильностью факторов внешней среды имеет место как закономерная, так и неопределенная их изменчивости, обусловленные в т.ч. глобальными и/или региональными трансформациями общих климатических показателей, а также микроклиматическими особенностями конкретной территории. Это оказывает существенное влияние на рост и развитие растений, динамику формирования структуры урожая, на ход органогенеза за счет изменения скоростей различных физиологических и морфогенетических процессов и в итоге на продуктивность.

Библиографический список

1. Белолобцев А.П. Адаптация сельского хозяйства с учетом текущих и ожидаемых климатических рисков // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодноклиматическим условиям: Сб. докл. Межд. науч.-практ. конф. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. С. 11-22.
2. Белолобцев А.П., Чебаненко С.П., Кочетов П.С. Особенности формирования поверхностного стока талых вод в условиях неустойчивых зим // Известия ТСХА, 1997. Вып. 3. С. 48-57.
3. Вериго С.А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве и оценка влагообеспеченности зерновых культур: Сб. метод. указаний по анализу и оценке агрометеорологических условий. Л.: Гидрометеоздат, 1957. С. 143-164.
4. Коровин А.П. Осенне-весенние условия погоды и урожай озимых. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 160 с.
5. Ктерман Ф.М. Биологические основы культуры пшеницы. М.: Изд-во МГУ, 1950. 199 с.
6. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. М.: Высшая школа, 1973. 255 с.
7. Туманов П.П. Зимостойкость культурных растений. М.: Сельхозгиз, 1970. 365 с.

8. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 302 с.
9. ШигOLEV А.А. Методика составления фенологических прогнозов: Сб. метод, указаний по анализу и прогнозу агрометеорологических условий. Л.: Гидрометеоиздат, 1957. С. 5-18.
10. Шульгин А.М. Температурный режим почвы. Л.: Гидрометеоиздат, 1957. 242 с.
11. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. 2-е изд. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 341 с. '
12. Шульгин НА., Тарасова Л.Л., Сенников ВА. Агрометеорологические аспекты оценки урожая в условиях климатических изменений //Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям: Сб. докл. Межд. науч.-прак. конф. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2011. С. 90-99.
13. Яковлев Н.Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 419 с.
14. Belolyubtsev A.I. Agri-environmental effectiveness of techniques to protect soil from erosion in the context of global climate change // IZVESTIA of timiryzev-academy, 2009. С. 9. Special Issue.

Рецензент — д. б. н. М. А. Мазиров

SUMMARY

Winter wheat production process takes place under extremely diverse and changing climatic conditions affecting plants throughout ontogeny. Within the same zone with permissible stability factors of the environment, their variability, both natural and uncertain, occurs due to, inter alia, global climate transformation and micro-climatic peculiarities of a particular area. This has a significant effect on both plant growth and development, yield structure formation dynamics, the course of organogenesis due to changes in rates of various physiological and morphogenetic processes, and, ultimately, productivity.

Key words: climatic change, winter wheat, moisture, soil erosion, snow cover, overwintering conditions, extreme climate, productivity of agricultural landscapes.

Белолубцев Александр Иванович — д. с.-х. н., проф. каф. земледелия и агрометеорологии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел. (499) 977-73-55; e-mail: belolubcev a mail.ru)

Суховеева Ольга Эдуардовна — асп. каф. метеорологии и климатологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (тел. (499) 977-73-55; e-mail: olgasukhoveeva@gmail.com).

Асауляк Ирина Федоровна — доц. каф. метеорологии и климатологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; тел. (499) 977-73-55.