

УДК 910:911

КЛИМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ДЛЯ ОЦЕНОК УЯЗВИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ К ЭФФЕКТАМ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

© М. В. НИКОЛАЕВ

ФГБНУ Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт Петербург
E-mail: clenrusa@mail.ru

Статья посвящена анализу динамики границ сельскохозяйственных территорий, уязвимых к эффектам переувлажнения в Нечерноземье европейской части России. Осуществлен пространственный мониторинг повторяемости лет с весенним вымоканием посевов, их ранним полеганием и полеганием в обычные сроки в изменяющемся климате путем сдвига 30-летнего временного интервала на 5 лет начиная с 1946 и до 2013 г. Оптимальная конфигурация изолиний, замыкающих границы зон с разной повторяемостью агробиологических рисков, достигнута с помощью используемых в ГИС алгоритмов интерполяции, в частности кригинга. Оценен вклад региональных тенденций в трансформацию границ уязвимых к переувлажнению территорий, а также проведено сопоставление динамики такой трансформации с «поведением» климатических мод, таких как Северо-Атлантическое колебание (САК) и Восточно-Атлантическое колебание (ВАК). Отмечено, что наблюдаемое расширение территорий, крайне уязвимых к эффектам переувлажнения, согласуется с преобладанием положительных аномалий индексов САК и ВАК, в особенности ВАК, в последние десятилетия. Также обращено внимание на сопутствующие переувлажнению негативные агроэкологические эффекты, связанные с интенсификацией процесса оглеения почв и учащением поражения растений вирусами, возникающими в избыточно влажных условиях. Предложен ряд адаптационных подходов для последующего выбора региональных адаптационных стратегий.

Ключевые слова: динамика границ уязвимых к эффектам переувлажнения территорий, пространственный мониторинг повторяемости лет с агробиологическими рисками, конфигурация изолиний, кригинг, региональный вклад в трансформацию границ, сопоставление с «поведением» климатических мод, сопутствующие негативные агроэкологические эффекты, адаптационные подходы.

Введение. В Нечерноземной зоне, для которой характерно высокое содержание влаги в почвах, нарастающие климатические изменения все чаще приводят к резкому переувлажнению обширных сельскохозяйственных территорий. Выполненное в [12, 13] сравнение климатического фона на интервалах 1945—1977 и 1978—2010 гг., в частности, позволило установить районы, где избыток атмосферной влаги оказывает отрицательное воздействие на устойчивое ведение растениеводства. Излагаемые далее подходы и методы в большей мере относятся к анализу динамики границ уязвимых к эффектам переувлажнения зон, а также к оценке вклада региональных тенденций в изменение их конфигурации с сопутствующим проявлением негативных агроэкологических эффектов.

Методы исследования и основные результаты. В качестве исходной информации для исследования использованы длительные данные о температуре воздуха и количестве осадков по месяцам для 10 метеостанций в западной и северной частях европейского Нечерноземья за период с 1946 по 2013 г., а также такие сведения с 1966 г. для 6 станций, расположенных преимущественно вблизи границы лесостепной зоны (Сухиничи, Москва СХА, Нижний Новгород, Казань, Сарапул и Пермь).

Предварительно осуществлен выбор агроклиматических индикаторов, которые характеризуют условия возникновения связанных с эффектами переувлажнения агробиологических рисков для возделывания зерновых культур. Отдано предпочтение индикаторам, основанным на результатах длительных агрометеорологических обследований состояния посевов [14, 17] (табл. 1). Удобство их использования связано с широкой доступностью данных для анализа содержащихся в них параметров и отсюда с возможностью картирования, в том числе статистических оценок, например, повторяемости лет с такими условиями. Кроме того, факторам (или их сочетаниям), описанным в табл. 1, отводится определяющая роль в создании условий для возникновения указанных агробиологических рисков — в то время как ветровой режим, температура воды и влажность почвы рассматриваются лишь в качестве усиливающих компонентов [18].

На основе обработки временных реализаций среднемесячных значений температур воздуха и помесечных сумм осадков подсчитана частота лет, отвечающих условиям из табл. 1. Затем осуществлен пространственный мониторинг повторяемости лет с возникающими при таких условиях агробиологическими рисками путем сдвига 30-летнего временного интервала на 5 лет начиная с 1946 и до 2013 г. (30-летний период рекомендован ВМО в качестве стандартного периода для проведения климатического анализа). Цель такого мониторинга — на постепенно изменяющемся климатическом фоне «отследить» проявление изменчивости климата (включая его экстремальность) и таким образом отобразить вклад составляющих изменения климата в диапазоны варьирования границ сельскохозяйственных территорий, уязвимых к эффектам переувлажнения.

Таблица 1

Агробиологические риски, связанные с эффектами переувлажнения

Агробиологический риск	Агроклиматический критерий условий возникновения	Пояснения
Весеннее вымокание посевов	$\Sigma P_{IX-III} \geq 230$ (1)	ΣP_{IX-III} — сумма осадков за сентябрь—март (мм)
Раннее корнево-стеблевое полегание*	$ГТК_{V-VI} \geq 1.8^{**}$ (2)	$ГТК_{V-VI}$ — гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова за май—июнь
Корнево-стеблевое полегание в обычные сроки	$ГТК_{VII} \geq 1.8^{**}$ (3)	$ГТК_{VII}$ — гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова за июль

Примечание. * Несмотря на то что впоследствии растения выпрямляются, к сроку уборки такие посевы почти всегда полегают; ** для сравнения: средние многолетние значения $ГТК_{V-VI}$ и $ГТК_{VII}$ для станций Северо-Западного и западной части Центрального района составляют от 1.5 до 1.7; в то время как для станций, расположенных южнее и восточнее, от 1.3 до 1.5.

На рис. 1 мониторинг представлен в виде последовательности карт для европейской части Нечерноземья. Оптимальная конфигурация изолиний, замыкающих границы зон с разной повторяемостью весеннего вымокания, раннего полегания и полегания в обычные сроки (в % лет), достигнута с помощью используемых в ГИС алгоритмов интерполяции, в частности кригинга [16], который эффективен в случае ограниченности поля точек (отметим, что добавление станций с укороченными рядами не привело к каким-либо существенным изменениям контуров выделенных на картах областей).

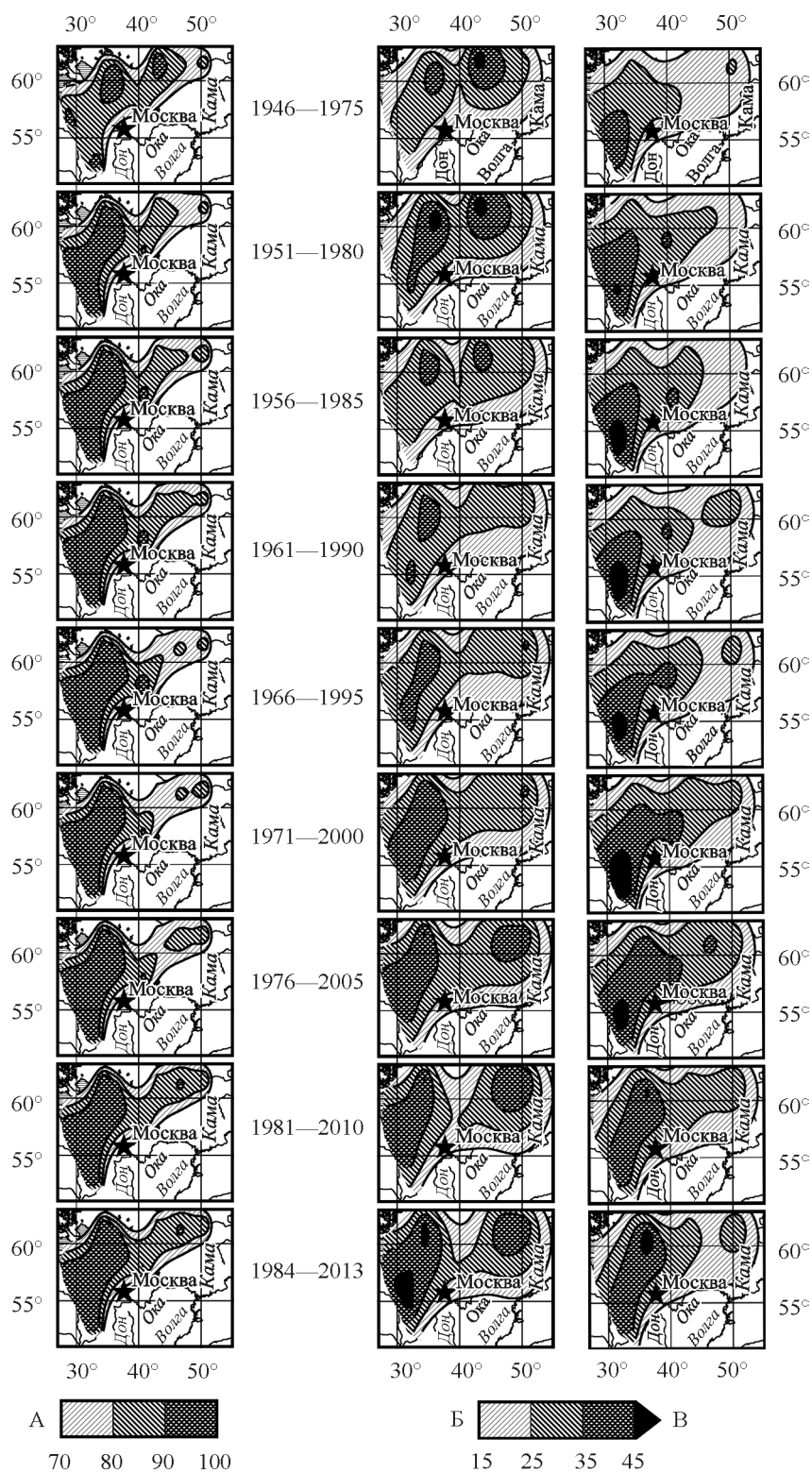
Сравнение хода изолиний на картах указывает на значительное расширение сельскохозяйственных территорий, крайне уязвимых к эффектам переувлажнения, в пределах Северо-Запада и западной части Центрального района Европейской России. Начиная с интервала 1956—1985 гг. процент лет с весенним вымоканием посевов в пониженных формах рельефа здесь повысился с 80 до 92 % лет и более, особенно в западном секторе суббореального пояса (рис. 1, А). Повторяемость лет с ранним полеганием также увеличилась: в суббореальном поясе — с 30 до 40 % лет; в западных областях южно-таежной подзоны более существенно — с 20 до 45 % лет (рис. 1, Б). Процент лет с полеганием в обычные сроки в западных областях южно-таежной подзоны повысился с 25 до 35 % лет, а в суббореальном поясе возрос с 20 до 50 % лет (рис. 1, В). Характерно, что начиная с интервала 1976—2005 гг. конфигурация зоны высокого риска полегания в обычные сроки имеет выраженный вектор смещения на северо-восток, тогда как на более ранних интервалах в ее конфигурации преобладала широтная составляющая.

Можно отметить, что сжатие внешних контуров выделенной на картах (рис. 1, А) области примерно вдоль меридиана 40° в. д. обусловлено уменьшением повторяемости лет с указанными агробиологическими рисками для станций, расположенных вблизи границы бореальной тайги, — Шенкурск (62.1° с. ш., 42.9° в. д.) и границы лесостепной зоны — Трубчевск (52.6° с. ш., 33.8° в. д.). Но в то же время данные таких станций, как Вологда (59.3° с. ш., 39.3° в. д.) и Кострома (57.7° с. ш., 40.8° в. д.), расположенных в южно-таежной подзоне, наоборот, обеспечивают растяжение ее внешних контуров.

Оценка вклада региональных тенденций в изменение конфигурации уязвимых к переувлажнению территорий получена из сравнения характеристик выявленных трендов. Так, на рис. 2 показаны тенденции в изменении % лет с весенним вымоканием посевов на изменяющемся фоне атмосферного увлажнения, аппроксимированные линейными функциями. Тенденции, выявленные в изменении % лет с ранним полеганием и полеганием в обычные сроки на изменяющемся температурно-влажностном фоне, представлены на рис. 3 и 4. В табл. 2—4 также приведены значения коэффициентов α линейных трендов для станций, показатели которых обеспечивают наибольшую трансформацию границ зон с усугубляющимися агробиологическими рисками. Как видно из таблиц, в теплеющем климате значимость вклада северных регионов в трансформацию границ таких зон заметно возрастает.

Рис. 1. Изменение конфигурации зон с разной повторяемостью негативных агроэкологических эффектов в пределах Нечерноземной полосы Европейской России, 1946—2013 гг.

А — весеннее вымокание посевов в пониженных формах рельефа, Б — раннее корнево-стеблевое полегание посевов, В — корнево-стеблевое полегание посевов в обычные сроки. Штриховки соответствуют интервалам % лет.



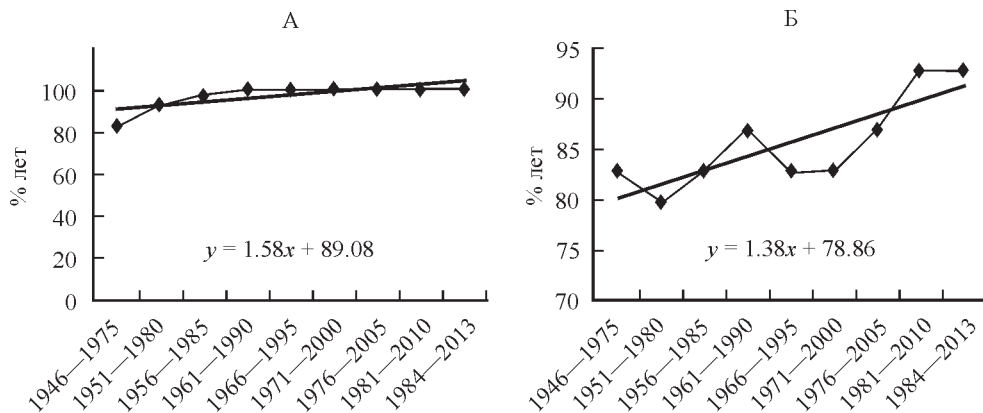


Рис. 2. Изменение повторяемости лет с весенним вымоканием посевов в пониженных формах рельефа.

А — Смоленск (южно-таежная подзона, дерново-сильнопodzолистая оглеенная почва), Б — Котлас (среднетаежная подзона, дерново-подзолистая глеевая почва).

Представляет интерес сопоставить пространственно-временную изменчивость границ сельскохозяйственных территорий, уязвимых к эффектам переувлажнения, с «поведением» климатических (пространственно-временных) мод, которые влияют на характер и интенсивность крупномасштабных циркуляционных процессов. В качестве меры их «поведения» используются циркуляционные индексы, рассчитываемые на основе разложения полей давления (или геопотенциала) на эмпирические ортогональные функции [2, 9, 15, 23]. Установлено, что на погоду и климат в северо-западной части России, а также в Белоруссии, в течение всего года существенное влияние оказывают такие моды, как Северо-Атлантическое колебание (САК) и Восточно-Атлантическое колебание (ВАК), хотя они и наиболее активны в зимние месяцы [2, 9, 10, 15, 23]. На основе анализа циркуляционных индексов за 1950—2012 гг. в [15] исследована физическая природа циклогенеза и сделан вывод о том, что ин-

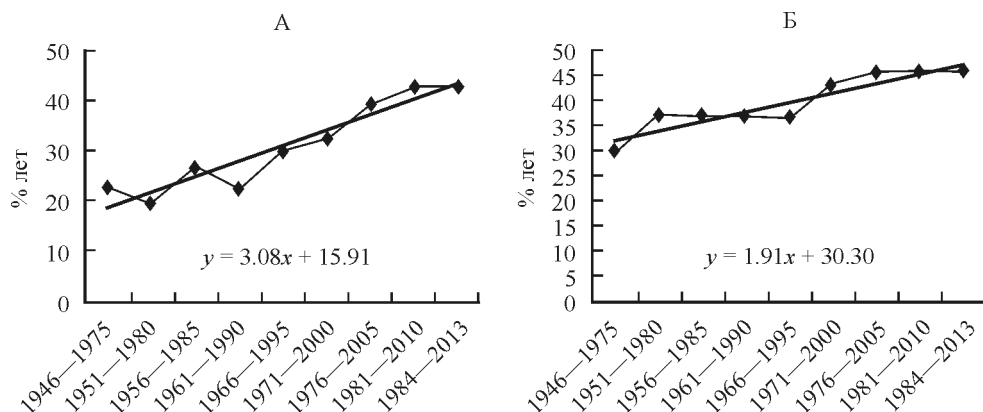


Рис. 3. Изменение повторяемости лет с ранним корнево-стеблевым полеганием посевов.

А — Псков (южно-таежная подзона, дерново-слабоподзолистая почва), Б — Петрозаводск (среднетаежная подзона, сильнопodzолистая почва).

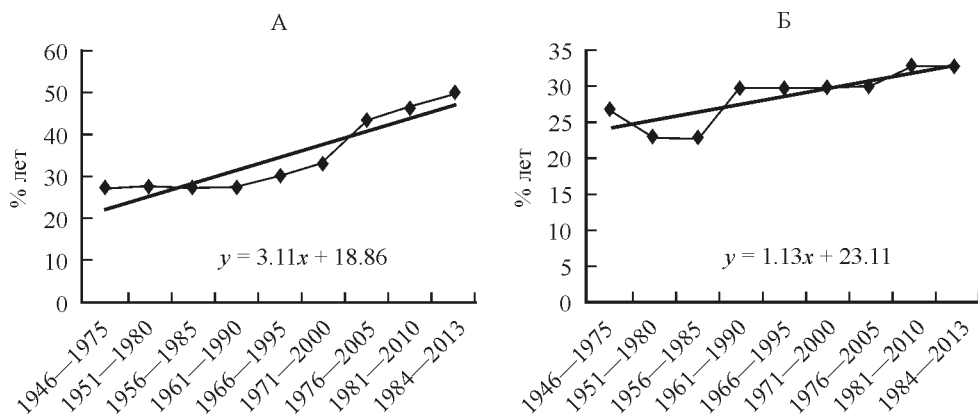


Рис. 4. Изменение повторяемости лет с корнево-стеблевым полеганием посевов в обычные сроки.

А — Вытегра (среднетаежная подзона, дерново-подзолистая глеевая почва), Б — Сыктывкар (среднетаежная подзона, дерново-подзолистая глеевая почва).

декс САК главным образом описывает меридиональное смещение траектории циклонов, а индекс ВАК отражает изменение интенсивности и количества циклонов. Несколько ранее в [10] проведено сравнение среднемесячных значений индексов САК с индексами ВАК, представленными в виде годового скользящего сглаживания. Из такого сравнения следует, что в период с 1950 по 1984 г. преобладали отрицательные значения обоих индексов (минимальное значение индекса САК составляло -1.0 в 1970 г., а минимальное значение индекса ВАК -1.2 в 1981 г.). Для последующего периода, наоборот, характерно преобладание положительных значений индексов САК и ВАК. Несмотря на то что индекс САК испытывал колебания в сторону отрицательных значений, индекс ВАК обнаруживал тенденцию к росту, достигая максимальных значений от 0.9 до 1.1 на интервале 1998—2007 гг.

Как отмечено в [10, 15], если во время положительной фазы САК возрастает интенсивность зонального типа атмосферной циркуляции, то во время положительной фазы ВАК в северной Европе, включая европейскую часть России, наблюдается избыток осадков из-за более частой повторяемости глубоких циклонов, траектории которых могут смещаться к северу по сравнению с обычными условиями [11].

Таблица 2

Станции, показатели которых обеспечивают наибольшую трансформацию границ зон весеннего вымокания посевов в пониженных формах рельефа*

Станция	Широта, ° с. ш.	Долгота, ° в. д.	Коэффициент α
Петрозаводск	61.8	34.3	1.61
Смоленск	54.5	32.3	1.58
Котлас (Архангельская обл.)	61.2	46.7	1.38
Псков	57.8	28.4	1.02

Примечание. * Пояснение в тексте.

Таблица 3

Станции, показатели которых обеспечивают наибольшую трансформацию границ зон раннего корнево-стеблевого полегания посевов*

Станция	Широта, ° с. ш.	Долгота, ° в. д.	Коэффициент α
Псков	57.8	28.4	3.08
Петрозаводск	61.8	34.3	1.91
Сыктывкар	61.7	50.8	1.81
Смоленск	54.5	32.3	1.58

Примечание. * Пояснение в тексте.

Если сравнить характер изменения границ зон, изображенных на рис. 1, с «поведением» вышеописанных климатических мод, то можно обнаружить согласование между наблюдаемой трансформацией границ уязвимых к переувлажнению сельскохозяйственных территорий в сторону их расширения и усилением циклонической активности в Северной Атлантике в последние десятилетия. На рис. 2—4 также прослеживается резкое увеличение процента лет с эффектами переувлажнения посевов на 30-летних интервалах, включающих годы, относящиеся к двум последним десятилетиям. Это согласуется со сделанными в [10, 15] выводами об изменении циклогенеза и траектории циклонов в последние десятилетия, что особенно отражается в значениях индекса ВАК.

В [7, 8] также выявлены статистически значимые связи между особенностями атмосферной циркуляции и крайней градацией сумм осадков для зимнего и летнего сезонов. Выполненный нами пространственно-временной анализ аномалий осадков подтвердил наличие сопряженности между «поведением» упомянутых климатических мод и характером изменения количества осадков, выпадающих в пределах исследуемых территорий за период с 1946 по 2013 г. Это выражается в возрастании межгодовой изменчивости осадков при учащении резких пиков осадков в интервале 1985—2013 гг. Рекордно высокие суммы осадков за декабрь—февраль, превышающие 190 мм, отмечены в Смоленске в 2000, 2004 и 2012 гг.; в Вытегре — в 2000 г.; в Пскове — в 1999 г. В северной части европейской России последовательность резких пиков зимних осадков особенно выражена для Сыктывкара: 164 мм (1986 г.), 166 мм (1990 г.), 185 мм (2002 г.). Для сравнения: пик осадков здесь в 1962 г. составлял 153 мм. В Котласе максимум зимних осадков, равный 167 мм, за-

Таблица 4

Станции, показатели которых обеспечивают наибольшую трансформацию границ зон корнево-стеблевого полегания посевов в обычные сроки*

Станция	Широта, ° с. ш.	Долгота, ° в. д.	Коэффициент α
Вытегра (Вологодская обл.)	61.0	36.4	3.11
Сыктывкар	61.7	50.8	1.13

Примечание. * Пояснение в тексте.

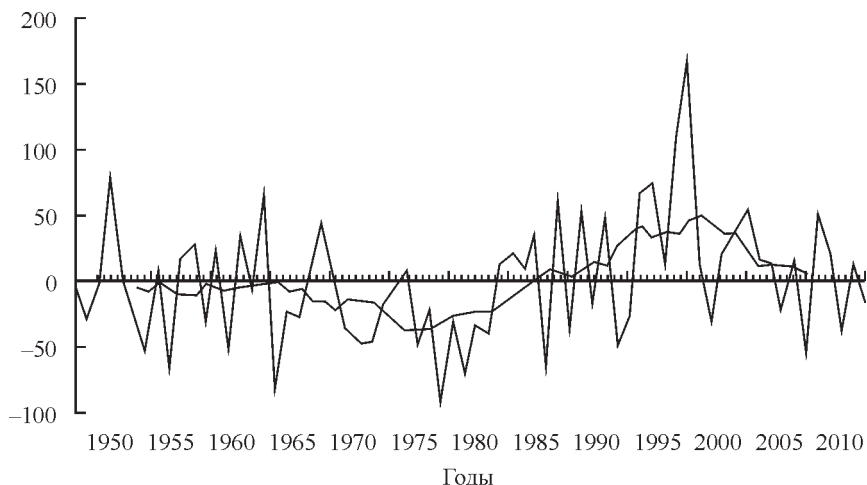


Рис. 5. Отклонения сумм атмосферных осадков за май—июнь от нормы и 11-летние скользящие средние (мм) для метеостанции Псков с 1946 по 2013 г.

фиксирован в 2002 г., а в Петрозаводске (168 мм) — в 2000 г. Наряду с этим рекордные пики осенних осадков имели место в Смоленске — 361 мм (1985 г.), Пскове — 336 мм (1997 г.), Костроме — 319 мм (1997 г.) и Сыктывкаре — 292 мм (2012 г.).

Динамика высоких осадков на протяжении вегетационного сезона демонстрирует сходную картину. Рекордные суммы осадков за май—июнь составили в Пскове 295 мм (1998 г.), Смоленске — 258 мм (1991 г.), Костроме — 239 мм (1997 г.), Сыктывкаре — 208 мм (1994), Шенкурске — 204 мм (1997), Вытегре — 190 мм (2004 г.). Исключительно высокое количество осадков в июле наблюдалось в Котласе — 250 мм (2000 г.), Смоленске — 233 мм (1998 г.) и Костроме — 210 мм (2008 г.). На рис. 5 представлена динамика отклонений сумм осадков за май—июнь от нормы и их 11-летние скользящие средние в Пскове. Прослеживается тесное согласование между сглаженным ходом аномалий осадков и сглаженным ходом индекса ВАК. Можно отметить, что во многом подобный характер наблюдается в динамике 11-летних сглаженных отклонений сумм осадков за май—июнь в Смоленске, за июль в Вытегре и Котласе и за декабрь—февраль в Котласе и Сыктывкаре.

Таким образом, из проведенного анализа следует, что пики осадков концентрируются на временном отрезке 1997—2009 гг. и отражают влияние особенностей атмосферной циркуляции на условия увлажнения в рассматриваемых регионах.

Как известно, негативные эффекты переувлажнения для сельскохозяйственной практики в европейской части Нечерноземья наиболее выражены в зоне распространения подзолистых почв с часто встречающимися в них признаками оглеения. В [3–5] показано, что процесс глееобразования возникает в условиях постоянно высокого увлажнения и застойного водного режима (на плоских равнинах, низменностях, в низинах и поймах рек) и особенно проявляется в почвах кислого состава. В агрономическом отношении производный от него процесс оглеения почв отрицательно сказывается на развитии растений из-за дефицита кислорода в почвенном воздухе, снижения водопроницаемости почвы, увеличения ее набухания и липкости [4].

Очевидно, что усугубляющееся переувлажнение сельскохозяйственных территорий (вследствие увеличения выпадающих осадков при невысоком испарении) провоцирует интенсификацию процесса оглеения культурных почв, тем самым влияя на общую продуктивность земель сельскохозяйственного назначения. В пользу такого суждения свидетельствует сравнение описаний типов почв, представленных в справочниках разных лет издания [1, 19, 20]. Например, для станции Смоленск (рис. 2) в описании ее типа почвы, согласно [20], отмечен признак оглеения, тогда как в предыдущих справочниках данный факт в почвенной характеристике этой станции не фиксируется.

Также следует кратко остановиться на аспектах уязвимости посевов к вирусам и вредителям. В последние десятилетия в Нечерноземье отмечается более частое поражение озимых культур (после схода снежного покрова) корневыми гнилями и грибом *Sclerotinia graminearum* Elen., бороться с которым чрезвычайно сложно. На протяжении полевого сезона заметно участилось появление в посевах ржавчин, пятнистостей и мучнистой росы, которые характерны для избыточно влажных условий [6]. В то же время возросла встречаемость зерновых тлей, особенно в полеглых посевах. В этом отношении представляют интерес оценки влияния Северо-Атлантического колебания и эффектов глобального потепления на жизненный цикл и численность популяций некоторых видов тлей в Великобритании, а также воздействия изменений окружающей среды на фенологию тлей в зарубежной Европе [22, 24, 25].

Выводы

Из вышеизложенного можно заключить, что повышение частоты переувлажнения обширных территорий, расположенных в европейской части Нечерноземья, связано с усилением западного переноса, которое сопровождается повышением температурного и влажностного фона (что отнюдь не исключает появление краткосрочных сухих периодов из-за вторжения блокирующих антициклонов или вследствие интенсификации гидрологического цикла). Также можно отметить, что представленные оценки находятся в соответствии с содержащимся в 5-м Оценочном докладе МГЭИК выводом о том, что происходит возрастание контраста между переувлажненными и сухими регионами в теплеющем мире [21].

Усугубляющееся воздействие эффектов переувлажнения на сельскохозяйственную практику приводит к необходимости выбора региональных адаптационных стратегий. Конечно, такие стратегии должны определяться уровнем адаптации (например, адаптация к фоновым изменениям или стрессовым ситуациям, путем смягчения последних), пространственно-временными масштабами адаптации и затратами на адаптацию. Исходя из этого к адаптационным подходам следует отнести рациональное размещение посевов с учетом особенностей рельефа и эффективное использование достижений селекции при надлежащем агрохимическом и фитосанитарном контроле, а также применение более затратных адаптационных мероприятий, в том числе связанных с модернизацией существующих и проектированием новых универсальных дренажных систем.

Список литературы

- [1] Агрогидрологические свойства почв северо-западных районов ЕТР / Под ред. Г. И. Бугиновой. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 367 с.
- [2] Дроздов В. В., Смирнов Н. П. Многолетняя динамика климата и гидрологического режима в районе Балтийского моря и ее причины // Метеорология и гидрология. 2011. № 5. С. 77—87.
- [3] Зайдельман Ф. Р. Естественное и антропогенное переувлажнение почв: деградация, использование и охрана. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 287 с.
- [4] Зайдельман Ф. Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 300 с.
- [5] Зайдельман Ф. Р. Генезис и проблемы классификации почв со светлыми кислыми горизонтами // Почвоведение. 2004. № 2. С. 233—242.
- [6] Информационные системы диагностики, мониторинга и прогноза важнейших сорных растений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур / Под ред. И. Я. Гричанова, Р. Сигвалда. Тез. Докл. Междунар. конф., Санкт-Петербург—Пушкин, 12—16 мая 2008 г. СПб.: Изд-во ВИЗР, 2008. 120 с.
- [7] Муравьев А. В., Куликова И. А., Круглова Е. Н. Распределение экстремальных характеристик атмосферной циркуляции по данным реанализа и гидродинамического моделирования // Метеорология и гидрология. 2005. № 7. С. 33—47.
- [8] Муравьев А. В., Куликова И. А. Взаимосвязь суммарных осадков над Евразией с центрами действия атмосферы Северного полушария и главными модами изменчивости температуры поверхности Северной Атлантики // Метеорология и гидрология. 2011. № 5. С. 5—16.
- [9] Нестеров Е. С. О фазах североатлантического колебания // Метеорология и гидрология. 2003. № 1. С. 64—74.
- [10] Нестеров Е. С. О восточно-атлантическом колебании атмосферы // Метеорология и гидрология. 2009. № 12. С. 32—40.
- [11] Нестеров Е. С. О формировании взрывных циклонов в северо-восточной части Атлантического океана // Метеорология и гидрология. 2010. № 10. С. 44—53.
- [12] Николаев М. В. Оценка смещения границ зон рискованного земледелия в условиях изменения климата // Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 1. С. 54—65.
- [13] Николаев М. В. Использование метода пространственно-временных аналогов для оценок уязвимости земледелия к воздействию климатических изменений // Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 2. С. 1—12.
- [14] Пасечник А. Д. Погода и полегание зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 212 с.
- [15] Полонский А. Б., Кибальчич И. А. Циркуляционные индексы и температурный режим Восточной Европы в зимний период // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 5—17.
- [16] Силкин К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8. Воронеж: Изд.-полиграф. центр Воронежского гос. ун-та, 2008. 65 с.
- [17] Синицина Н. И., Гольцберг И. А., Струнников Э. А. Агроклиматология. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 343 с.
- [18] Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии. Нечерноземная зона европейской части РСФСР / Под ред. И. Г. Грингофа. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 527 с.
- [19] Средние многолетние и вероятностные характеристики запасов продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами Т. 1 / Под ред. Л. С. Кельчевской. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 292 с.
- [20] Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям, краям, республикам и экономическим

районам. Т. 1. Европейская часть СССР / Под ред. В. А. Жукова. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 123 с.

- [21] CLIMATE CHANGE 2014 Synthesis Report / Edited by The Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer. WMO: Geneve, 2014. 132 p.
- [22] *Estay S. A., Lima M., Larba F. A. and Harrington R.* Increased outbreak frequency associated with changes in the dynamics behavior of populations of two aphid species // OIKOS 121. 2012. P. 614—622.
- [23] *Franzke C., Feldstein S. B.* The continuum and dynamics of Northern Hemisphere teleconnection patterns // J. Atmos. Sci. 2005. Vol. 62, N 9. P. 3250—3267.
- [24] *Harrington R. et al.* Environmental change and the phenology of European aphids // Global Change Biology. 2007. N 13. P. 1550—1584.
- [25] *Westgarth-Smith A. R., Leroy S. A. G., Collins P. E. F. and Harrington R.* Temporal variations in English populations of a forest insect pest, the green spruce aphid (*Elatobium abietinum*), associated with the North Atlantic Oscillation and global warming // Quaternary International. Elsevier Ltd. and INQUA 173—174 (2007). P. 153—160.

Поступило в редакцию
26 мая 2015 г.

Climate monitoring for assessing crop areas vulnerability to overwetting in the Non-Chernozem zone of the European Russia

© M. V. Nikolaev

Agrophysical Research Institute, Saint-Petersburg
E-mail: clenrusa@mail.ru

Paper describes the analysis of the dynamics of crop areas vulnerable to overwetting in the Non-Chernozem zone of the European part of Russia. To assess the vulnerability, the spatial monitoring has been performed of recurrence of years with crop waterlogging and lodging effects in a changing climate, by 5-yr step shift within 30-yr observed periods from 1946 to 2013. The optimal configuration of isolines contouring areas with different recurrence of above mentioned farming risks was achieved by use of GIS interpolation methods such as kriging. The regional contribution to vulnerable areas transformation over time is evaluated on the basis of trend analysis. Then, the latter is compared with the features of such spatiotemporal modes as the North Atlantic Oscillation (NAO) and the East Atlantic (EA) pattern. It should be noted that the observed changes in expansion of areas most vulnerable to overwetting correspond with prevailing positive anomalies of NAO- and EA-indices, especially EA-indices, in recent decades. The attention is also given to accompanying negative effects such as soil gleyzation and more frequent crop damage by viruses and pests occurring in the wet weather conditions. A number of options for adaptation is proposed to the choice of regional adaptation strategies.

Key words: dynamics of crop areas vulnerable to overwetting, spatial monitoring of farming risk recurrence, kriging, regional contribution to vulnerable areas transformation, comparison with the features of spatiotemporal modes NAO and EA, accompanying negative effects, options for adaptation.

References

- [1] Agrogidrologicheskie svojstva pochv severo-zapadnyh rajonov ETR / Pod red. G. I. Buginovej. L.: Gidrometeoizdat, 1979. 367 s.
- [2] *Drozdov V. V., Smirnov N. P.* Mnogoletnjaja dinamika klimata i gidrologicheskogo rezhima v rajone Baltijskogo morja i ee prichiny // Meteorologija i gidrologija. 2011. N 5. S. 77—87.

- [3] *Zajdel'man F. R.* Estestvennoe i antropogennoe pereuvlazhnenie pochv: degradacija, ispol'zovanie i ohrana. SPb.: Gidrometeoizdat, 1992. 287 s.
- [4] *Zajdel'man F. R.* Process gleebrazovanija i ego rol' v formirovanii pochv. M.: Izd-vo MGU, 1998. 300 s.
- [5] *Zajdel'man F. R.* Genezis i problemy klassifikacii pochv so svetlymi kislymi gorizontami // *Pochvovedenie*. 2004. N 2. S. 233—242.
- [6] Informacionnye sistemy diagnostiki, monitoringa i prognoza vazhnejshih sornyh rastenij, vreditelej i boleznej sel'skohozjajstvennyh kul'tur / Pod red. I. Ja. Grichanova, R. Sigvalda. Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj konferencii, Sankt-Peterburg—Pushkin, 12—16 maja 2008 g. SPb.: Izd-vo VIZR, 2008. 120 s.
- [7] *Murav'ev A. V., Kulikova I. A., Kruglova E. N.* Raspredelenie jekstremal'nyh harakteristik atmosfornoj cirkuljacii po dannym reanaliza i gidrodinamicheskogo modelirovanija // *Meteorologija i gidrologija*. 2005. N 7. S. 33—47.
- [8] *Murav'ev A. V., Kulikova I. A.* Vzaimosvjaz' summarnyh osadkov nad Evraziej s centrami dejstvija atmosfery Severnogo polusharija i glavnymi modami izmenchivosti temperatury poverhnosti Severnoj Atlantiki // *Meteorologija i gidrologija*. 2011. N 5. S. 5—16.
- [9] *Nesterov E. S.* O fazah severoatlanticheskogo kolebanija // *Meteorologija i gidrologija*. 2003. N 1. S. 64—74.
- [10] *Nesterov E. S.* O vostochno-atlanticheskom kolebanii atmosfery // *Meteorologija i gidrologija*. 2009. N 12. S. 32—40.
- [11] *Nesterov E. S.* O formirovanii vzryvnyh ciklonov v severo-vostochnoj chasti Atlanticheskogo okeana // *Meteorologija i gidrologija*. 2010. N 10. S. 44—53.
- [12] *Nikolaev M. V.* Ocenka smeshhenija granic zon riskovannogo zemledelija v uslovijah izmenenija klimata // *Izv. RGO*. 2015. T.147, vyp. 1. S. 54—65.
- [13] *Nikolaev M. V.* Ispol'zovanie metoda prostranstvenno-vremennyh analogov dlja ocenok ujazvimosti zemledelija k vozdejstvu klimaticeskikh izmenenij // *Izv. RGO*. 2015. T.147, vyp. 2. S. 1—12.
- [14] *Pasechnjuk A. D.* Pogoda i poleganie zernovyh kul'tur. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 212 s.
- [15] *Polonskij A. B., Kibal'chich I. A.* Cirkuljacionnye indeksy i temperaturnyj rezhim Vostochnoj Evropy v zimnij period // *Meteorologija i gidrologija*. 2015. N 1. S. 5—17.
- [16] *Silkin K. Ju.* Geoinformacionnaja sistema Golden Software Surfer 8. Voronez: Izd.-Poligraf. centr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2008. 65 s.
- [17] *Sinicina N. I., Gol'cberg I. A., Strunnikov Je. A.* Agroklimatologija. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 343 s.
- [18] Spravochnik agronoma po sel'skohozjajstvennoj meteorologii. Nechernozemnaja zona Evropejskoj chasti RSFSR / Pod red. I. G. Gringofa. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 527 s.
- [19] Srednie mnogoletnie i verojatnostnye harakteristiki zapasov produktivnoj vlagi pod ozimymi i rannimi jarovymi zernovymi kul'turami T.1 / Pod. red. L. S. Kel'chevskoj. L.: Gidrometeoizdat, 1979. 292 s.
- [20] Srednie mnogoletnie zapasy produktivnoj vlagi pod ozimymi i rannimi jarovymi zernovymi kul'turami po oblastjam, krajam, respublikam i jekonomicheskim rajonom T. 1. Evropejskaja chast' SSSR / Pod red. V. A. Zhukova. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 123 s.
- [21] CLIMATE CHANGE 2014 Synthesis Report / Edited by The Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer. WMO: Geneve, 2014. 132 p.
- [22] *Estay S. A., Lima M., Llarba F. A. and Harrington R.* Increased outbreak frequency associated with changes in the dynamics behavior of populations of two aphid species // *OIKOS* 121. 2012. P. 614—622.

- [23] *Franzke C., Feldstein S. B.* The continuum and dynamics of Northern Hemisphere teleconnection patterns // *J. Atmos. Sci.* 2005. Vol. 62, N 9. P. 3250—3267.
- [24] *Harrington R. et al.* Environmental change and the phenology of European aphids // *Global Change Biology*. 2007. N 13. P. 1550—1584.
- [25] *Westgarth-Smith A. R., Leroy S. A. G., Collins P. E. F. and Harrington R.* Temporal variations in English populations of a forest insect pest, the green spruce aphid (*Elatobium abietinum*), associated with the North Atlantic Oscillation and global warming // *Quaternary International*. Elsevier Ltd. and INQUA 173—174 (2007). P. 153—160.

Изв. РГО. 2017. Т. 149, вып. 5

СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОДОСБОРА БЕЛОГО МОРЯ

© Л. Е. НАЗАРОВА

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: larisanazarov@yandex.ru

На основе анализа данных многолетних наблюдений на метеорологических станциях, расположенных на водосборе Белого моря, рассматриваются изменения и изменчивость основных характеристик климата территории. Показана направленность изменений температурного режима. Дана характеристика режима атмосферных осадков на территории водосбора, составленная по современным данным в сравнении с климатическими нормами 1961—1990 гг., показаны основные тенденции изменений таких климатических показателей, как годовые и месячные суммы осадков и число дней с осадками различной интенсивности.

Ключевые слова: климат, водосбор Белого моря, температура воздуха, атмосферные осадки.

Введение. Климатические условия водосбора Белого моря достаточно хорошо изучены и освещены в литературных источниках, опубликованных до 2010 г. [1—4, 6, 12]. В данном исследовании основное внимание уделяется современной изменчивости и изменению климата, которые могут быть интересны при изучении ответной реакции гидрологического режима как самого моря, так и водоемов, расположенных на территории его водосбора. Результаты также могут быть полезны биологам при проведении мониторинга процесса адаптации растительного и животного мира к изменениям климата.

Материалы и методика исследований. Для выявления современных тенденций изменения климатических условий территории водосбора Белого моря были собраны сведения об основных параметрах и характеристиках климата. Изучение изменчивости климатического режима региона проводилось по данным наиболее длительных инструментальных наблюдений на метеорологических станциях (МС) и постах Федеральной службы РФ по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, расположенных на изучаемой территории, за период от начала наблюдений на станциях по 2015 г. включительно. Были использованы данные наблюдений на 7 МС Республики Карелия, 5 МС Мурманской обл., 7 МС Архангельской обл., 4 МС Вологодской обл., 2 МС Ненецкого автономного округа и 2 МС Республики Коми