

УДК 910:911

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ АНАЛОГОВ ДЛЯ ОЦЕНОК УЯЗВИМОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ К ВОЗДЕЙСТВИЮ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

© *М. В. НИКОЛАЕВ*

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

Осуществлено сравнение климатических условий на двух временных интервалах: 1945—1977 и 1978—2010 гг., которое свидетельствует о значимых изменениях температурно-влажностного режима в природно-сельскохозяйственных регионах России. Это позволило установить ряд регионов-аналогов, характеризующих пространственный сдвиг агроклиматических условий, а также одно-временное смещение границ зон рискованного земледелия. Произведена идентификация сельскохозяйственных рисков, связанных с изменением климатического фона и проявлением экстремальности климата. Показано, что такого рода риски могут налагаться и создавать угрозу еще большего хозяйственного ущерба. Также указывается на возможность приложения метода пространственно-временных аналогов в стратегиях адаптации к изменяющемуся климату.

Ключевые слова: сравнение климатических условий на двух временных интервалах, пространственный сдвиг агроклиматических условий, аналоговые регионы, идентификация сельскохозяйственных рисков, стратегии адаптации к изменяющемуся климату.

Введение. Как известно, метод пространственно-временных аналогов уже давно и достаточно эффективно применяется в агроклиматологии для установления территорий со сходным климатом в целях интродукции и последующей акклиматизации определенных культур и сортов, а также заимствования приемов их возделывания. Развитие этого метода в нашей стране тесно связано с именами известных ученых: Н. И. Вавилова, Г. Т. Селянинова и Ф. Ф. Давитая [5, 6, 8, 22]. Учет сходства в климате регионов, расположенных в однотипных природных зонах и ландшафтах, во многом предопределил агроклиматическое районирование крупных территорий [11, 20, 21]. В основу такого зонирования положена обеспеченность растений теплом, на которую накладываются условия увлажнения и типы зим [24]. Вместе с тем некоторыми авторами подчеркивается необходимость увязывания ресурсов климата с типом почв [2] или осуществление районирования с дополнительным введением балла почвенного бонитета [12].

Однако метод пространственно-временных аналогов остается еще далеко не исчерпанным — особенно в его приложениях к условиям изменяющегося климата [14, 15]. В представленном исследовании сделан акцент на его использовании для оценок пространственного распределения и повторяемости климатически обусловленных сельскохозяйственных рисков в целях расши-

рения возможностей адаптации земледельческой практики к изменяющимся, часто в неблагоприятную сторону, внешним факторам.

Методы исследования и основные результаты. Для выполнения поставленной цели собран большой объем климатических данных, относящихся к «базовым» характеристикам климата. Эти данные переведены в форматы, доступные для расчета, и оформлены в виде временных рядов средних месячных значений температуры воздуха и помесечных сумм осадков для сети станций, расположенных в разных почвенно-климатических регионах основной сельскохозяйственной зоны России. Общее количество станций, используемых для картографирования, — 60. Временные реализации представлены для 30 станций непрерывными выборками длительностью 66 лет (с 1945 по 2010 г., и только в отдельных случаях из-за отсутствия наблюдений с 1947 г. или до 2008 г.). Для остальных станций имеющиеся ряды данных короче — длительностью 33 года: либо с 1945 по 1977 г. (вследствие последующих разрывов в наблюдениях, главным образом в 1990-е гг.), либо с 1978 по 2010 г.

Таким образом, имеющиеся данные могут быть соотнесены для двух временных интервалов: 1945—1977 и 1978—2010 гг., т. е. для первого интервала, когда современные изменения климата не были еще столь существенны, и для последующего интервала, на котором климатические изменения уже явно прослеживаются. С другой стороны, временные реализации длительностью 30 лет и более обеспечивают достаточную надежность получаемых статистических оценок. Станции группировались с учетом сходства природно-сельскохозяйственных ландшафтов и подтипов почв. Такие характеристики регионов рассматривались в качестве относительно неизменных, хотя хозяйственная деятельность и оказывает определенное влияние на их качественное состояние.

Для исследования региональных климатических изменений производилось сравнение разностей норм температуры воздуха и количества осадков по месяцам для временных отрезков. В качестве примера на рис. 1 иллюстрируется сравнение таких разностей для трех станций — Смоленск, Барабинск и Ершов, заметно отличающихся по характеристикам почв и климата.

Сравнение свидетельствует о наблюдаемом повышении температурного фона, особенно в зимний период. Это выражается в повышении средней температуры воздуха самого холодного месяца (агроклиматический показатель суровости зим) в таежной и подтаежной зонах в пределах 1.4—2.7 °С, в лесостепи — 2.4—2.9, в степной и сухостепной зонах — 2.7—3.0 °С. Температура воздуха самого теплого месяца также повысилась на 0.3—1.5 °С. При этом ее наибольшее повышение, сопровождаемое одновременным ростом сумм температур, наблюдается для северных районов, а наименьшее — для южных.

Атмосферное увлажнение в большинстве районов также повысилось за счет увеличения количества осадков, выпадающих на протяжении зимнего и летне-осеннего периодов. В западных районах Нечерноземья годовые суммы осадков возросли почти на 100 мм. В черноземной полосе и сухой степи увеличение их годовых сумм составило от 30 до 60 мм. Однако в некоторых районах этой зоны годовые суммы осадков все же несколько уменьшились (на 15—55 мм) из-за их дефицита в весенние и летние месяцы.

Поскольку временные ряды характеристик климата содержат естественную климатическую изменчивость, для оценок значимости различий исчис-

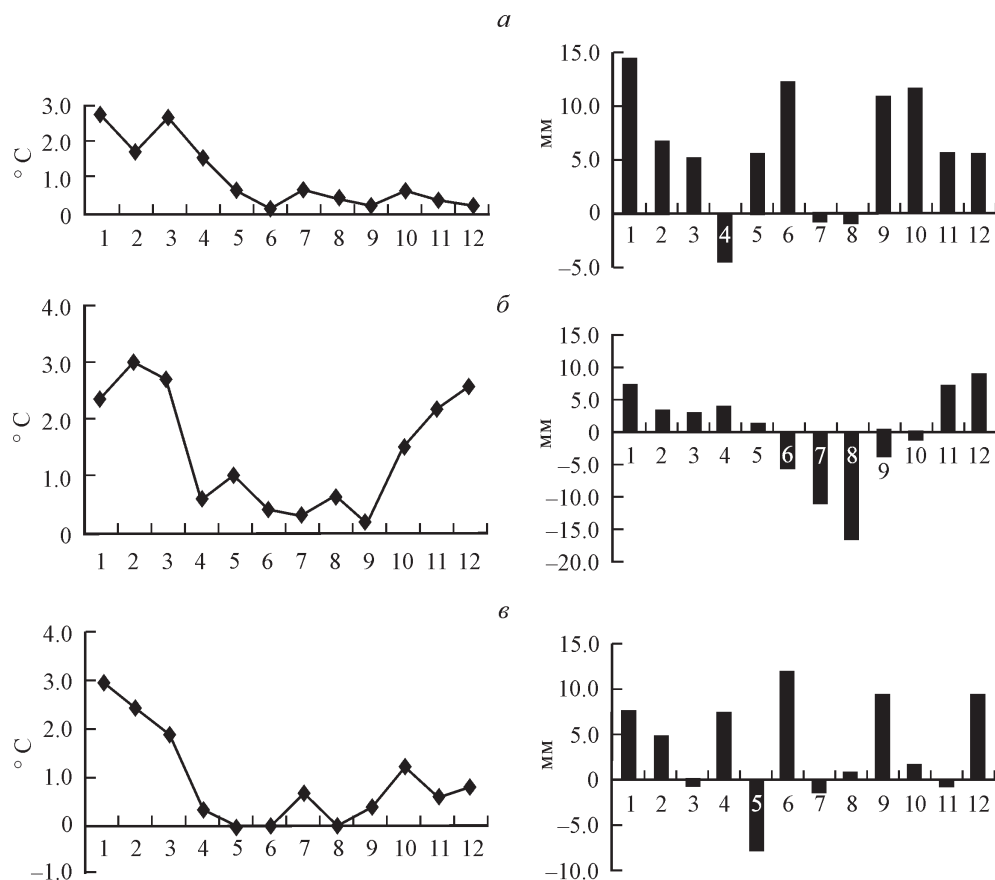


Рис. 1. Разности среднемесячных норм температуры воздуха (°C) и осадков (мм) в лесной, лесостепной и сухостепной зонах на интервалах 1945—1977 и 1978—2010 гг.

a — Смоленск, дерново-сильнопodzolistая почва; *б* — Барабинск (Новосибирская обл.), чернозем выщелоченный; *в* — Ершов (Саратовская обл.), темно-каштановая почва.

ленных средних значений удобно привлечь *t*-критерий Стьюдента [4, 10], который в случае равенства размера выборок имеет вид:

$$t = \frac{|m_1 - m_2| \sqrt{n}}{\sqrt{d_1 + d_2}},$$

где: m_1 , m_2 — выборочные средние, n — размер выборки, d_1 , d_2 — несмещенные оценки дисперсий, t — статистика Стьюдента.

Для вычисления t статистики Стьюдента (с двухсторонней критической областью) задействованы ресурсы компьютерного пакета EXCEL. Произведенная оценка уровня значимости P показала, что средние значения температуры воздуха и количества осадков в холодный период на этих интервалах отличаются с очень высокой достоверностью (во многих случаях на 1 % уровне значимости, особенно для температур). Отличие средних для остальной части года, включая сезоны, также имеет место (главным образом на 5 %

Таблица 1
Некоторые пространственные аналоги в Нечерноземье

Станция	1945—1977 гг.*	Станция	1978—2010 гг.
Новгород 58.5 °N, 31.3 °E Дерново-подзолистая почва	$t_1 = -9.3$ $\Sigma t_2 = 1443$ $\Sigma t_3 = 2321$ $\Sigma P = 568$	Петрозаводск 61.8 °N, 34.3 °E Дерново-слабоподзолистая почва	$t_1 = -9.6$ $\Sigma t_2 = 1347$ $\Sigma t_3 = 2060$ $\Sigma P = 587$
Вологда 59.2 °N, 39.9 °E Дерново-подзолистая почва	$t_1 = -12.1$ $\Sigma t_2 = 1407$ $\Sigma t_3 = 2133$ $\Sigma P = 566$	Шенкурск (Архангельская обл.) 62.1 °N, 42.9 °E Дерново-слабоподзолистая почва	$t_1 = -12.8$ $\Sigma t_2 = 1404$ $\Sigma t_3 = 2082$ $\Sigma P = 564$
Кострома 57.8 °N, 40.9 °E Дерново-подзолистая почва	$t_1 = -11.8$ $\Sigma t_2 = 1482$ $\Sigma t_3 = 2317$ $\Sigma P = 580$	Котлас (Архангельская обл.) 61.2 °N, 46.7 °E Дерново-подзолистая почва	$t_1 = -13.2$ $\Sigma t_2 = 1382$ $\Sigma t_3 = 2054$ $\Sigma P = 577$

Примечание. * t_1 — температура воздуха самого холодного месяца, °C; Σt_2 — сумма температур за летний период, °C; Σt_3 — сумма температур за теплый период (апрель—октябрь), °C; ΣP — годовая сумма осадков, мм.

уровне значимости), хотя для отдельных месяцев уровень значимости заметно различается.

Исходя из наблюдаемых изменений климатического фона представляется возможным выявить ряд сельскохозяйственных территорий, рассматриваемых в качестве пространственных аналогов для интервалов 1945—1977 и 1978—2010 гг. Критерии аналогии включают:

- близость значений агроклиматических показателей в таких аналогах;
- сходство существующих в них подтипов почв (принимая во внимание тесную связь между содержанием гумуса и агрофизическими характеристиками почв, такими как их плотность, полезная влагоемкость, величина запасов продуктивной влаги [18]).

В табл. 1 и 2 показаны некоторые пространственные аналоги, установленные по вышеуказанным критериям.

Из таблиц следует, что агроклиматические условия в более северных аналоговых районах на интервале 1978—2010 гг. приближаются к таковым в более южных аналоговых районах на интервале 1945—1977 гг. Можно отметить, что «перенос» условий осуществляется преимущественно в направлении с юго-запада на северо-восток; при этом широтный сдвиг в пределах Нечерноземья оценивается в 260—330 км, в пределах Черноземной зоны несколько меньше — порядка 150—250 км.

Однако наблюдаемые изменения климатического фона, наряду с благоприятными возможностями для ведения сельскохозяйственной практики, одновременно приводят к возникновению и усугубляющемуся проявлению климатически обусловленных сельскохозяйственных рисков [25]. Более теплые и влажные условия, в частности, способствуют проникновению в новые территории вредоносных организмов, ранее не характерных для этих территорий. По заключению специалистов ВИЗР, ареалы распространения некоторых сор-

Таблица 2

Некоторые пространственные аналоги в черноземной полосе

Станция	1945—1977 гг.*	Станция	1978—2010 гг.
Воронеж 51.7 °N, 39.2 °E Чернозём выщелоченный	$t_1 = -9.3$ $\Sigma t_2 = 1713$ $\Sigma t_3 = 2985$ $\Sigma P = 544$	Пенза 53.1 °N, 45.0 °E Чернозём выщелоченный	$t_1 = -8.7$ $\Sigma t_2 = 1716$ $\Sigma t_3 = 2886$ $\Sigma P = 540$
Пенза 53.1 °N, 45.0 °E Чернозём выщелоченный	$t_1 = -11.8$ $\Sigma t_2 = 1653$ $\Sigma t_3 = 2736$ $\Sigma P = 596$	Уфа (Кушнаренково) 54.9 °N, 55.9 °E Чернозём выщелоченный	$t_1 = -12.8$ $\Sigma t_2 = 1635$ $\Sigma t_3 = 2655$ $\Sigma P = 584$
Безенчук (Самарская обл.) 52.5 °N, 50.4 °E Чернозём обыкновенный	$t_1 = -13.2$ $\Sigma t_2 = 1775$ $\Sigma t_3 = 2922$ $\Sigma P = 412$	Троицк (Челябинская обл.) 54.1 °N, 61.3 °E Чернозём обыкновенный	$t_1 = -14.5$ $\Sigma t_2 = 1698$ $\Sigma t_3 = 2725$ $\Sigma P = 379$

Примечание. * t_1 — температура воздуха самого холодного месяца, °C; Σt_2 — сумма температур за летний период, °C; Σt_3 — сумма температур за теплый период (апрель—октябрь), °C; ΣP — годовая сумма осадков, мм.

ных растений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в последние десятилетия заметно расширились [9], и такое расширение осуществляется по направлению к высоким широтам. Например, ареал распространения колорадского картофельного жука сместился к северу почти до 63 °N, где он теперь является обычным видом, который акклиматизировался в условиях более мягких и влажных зим [23]. В этом отношении южные части Карелии и Архангельской области могут выступать в качестве аналоговых территорий Новгородской, Вологодской и Костромской областям по сходству вредоносности этого вида. Более влажные и мягкие зимние условия последних десятилетий [13] также привели к росту вероятности выпревания озимых культур и их поражению снежной плесенью.

С точки зрения использования метода пространственно-временных аналогов для оценок сельскохозяйственных рисков, связанных с проявлением экстремальности климата [7], осуществлен частотный анализ аномалий агроклиматических условий в период интенсивной вегетации, поскольку от складывающихся именно в этот период погодно-климатических ситуаций в значительной степени зависит величина конечного урожая. В качестве агроклиматических показателей, характеризующих такого рода риски, выбраны «краевые» (маргинальные) значения гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова (ГТК) [21], которые соответствуют либо условиям резкой засухи, либо переувлажнения, вызывающего полегание посевов.

Для выявления аналоговых регионов по риску полегания использована методика А. Д. Пасечнюка [19]. Согласно этой методике, за критерий интенсивного полегания принимаются случаи, когда на протяжении главных фаз развития колосовых злаков значение ГТК превышает 1.8, и чем выше значение этого показателя, тем полегание происходит интенсивнее. Хотя полегание колосовых культур обычно наблюдается в межфазный отрезок «коло-

Таблица 3

Частота значений ГТК_{V–VII}, соответствующих критерию полегания разной интенсивности

Станция	1945—1977 гг.								
	ГТК _{V–VI}			ГТК _{VI–VII}			ГТК _{VII}		
	>1.8	>2.0	>3.0	>1.8	>2.5	>3.0	>2.5	>3.0	>3.5
Смоленск 54.8 °N, 32.1 °E Дерново-сильнопodzолистая почва	10	7	1	12	3	2	7	4	2
Псков 57.8 °N, 28.4 °E Дерново-подзолистая почва	10	4	0	7	1	0	2	1	0

Таблица 3 (продолжение)

Станция	1978—2010 гг.								
	ГТК _{V–VI}			ГТК _{VI–VII}			ГТК _{VII}		
	>1.8	>2.0	>3.0	>1.8	>2.5	>3.0	>2.5	>3.0	>3.5
Смоленск 54.8 °N, 32.1 °E Дерново-сильнопodzолистая почва	12	10	2	18	5	2	7	5	3
Псков 57.8 °N, 28.4 °E Дерново-подзолистая почва	14	8	1	12	4	2	5	4	1

шение—восковая спелость», как отмечает А. Д. Пасечнюк, «факт более раннего начала полегания является признаком очень низкой устойчивости стеблестоя к полеганию, и ко времени уборки такие посевы почти всегда полегают» [19]. В табл. 3 приведены оценки изменения частоты значений ГТК в периоды возникновения корнево-стеблевого полегания на исследуемых временных отрезках для зоны повышенного риска полегания (обусловленного обильными осадками и высоким влагосодержанием почв).

Из табл. 3 видно, что центральная часть Псковской области по риску полегания приближается к условиям западной части Смоленской области и может рассматриваться в качестве аналоговой территории, включая сходство региональных подтипов почв. Характерно, что такая аналогия сохраняет устойчивость, даже если задаются все более высокие значения ГТК. Одновременно с расширением зоны повышенного риска полегания отмечается тенденция к усугубляющемуся переувлажнению внутри этой зоны. Принимая во внимание приграничное положение этих российских областей, можно полагать, что аналоговые территории также могут располагаться и вне пределов России, например в Белоруссии и Прибалтике.

Следует отметить, что полеглые посевы обычно подвержены ржавчине и мучнистой росе, и в них встречается много зерновых тлей [19]. Поэтому возможно наложение рисков, обусловленных изменением климатического фона,

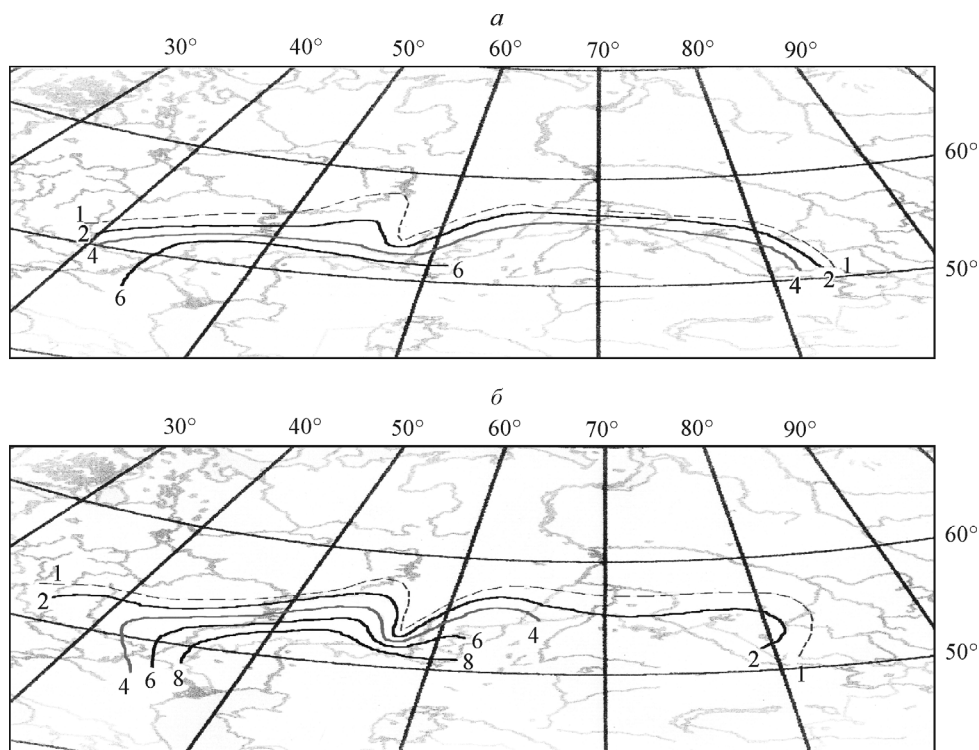


Рис. 2. Сравнение частоты интенсивных засух на интервалах 1945—1977 и 1978—2010 гг. на территории Европейской России и Западной Сибири.

Изолинии соответствуют числу лет с возникновением интенсивной засухи ($GTK_{V-VI} < 0.40$) на интервалах 1945—1977 гг. (а) и 1978—2010 гг. (б).

на риски, связанные с проявлением экстремальности климата. Таким образом, возникают «совокупные» сельскохозяйственные риски, создающие угрозу нанесения еще больших хозяйственных ущербов.

Для выявления аналоговых регионов по риску засухи использованы агрометеорологические критерии засушливости, предложенные А. М. Алпатьевым и Е. К. Зоидзе [1, 3]. Согласно последним, засуха по ее интенсивности классифицируется на экстремальную ($GTK_{V-VI} \leq 0.19$), сильную ($0.20 \leq GTK_{V-VI} < 0.40$), умеренную и слабую. Обычно для удобства картирования территорий по степени засушливости две первые градации объединяют в «интенсивную» засуху. Сравнение частоты появления интенсивной засухи на интервалах 1945—1977 и 1978—2010 гг. показало, что в последние десятилетия отмечается ослабление засушливости в зернопроизводящих регионах Западной Сибири и одновременное ее усиление в зернопроизводящих регионах ЕЧР, особенно в Поволжье и Предуралье, несмотря на то что общий фон увлажнения здесь повысился (рис. 2). Этот факт свидетельствует о том, что тенденции в изменении климатического фона и экстремальности климата не всегда являются однонаправленными.

По повторяемости интенсивных засух выделяются следующие группы аналоговых регионов:

— области южной части Нечерноземья с распространенными в них оподзоленными и выщелоченными черноземами, в которых повторяемость интен-

Таблица 4

Частота экстремальных засух ($ГТК_{V-VI} \leq 0.19$)

Станция	Тип почв	1945— 1977 гг.	1978— 2010 гг.
Тамбов (ЦЧР)	Чернозём выщелоченный	0	1
Богородицкое-Фенино (ЦЧР)	Чернозём типичный	1	0
Балашов (Приволжье)	Чернозём обыкновенный	1	0
Уфа (юг Урала)	Чернозём выщелоченный	1	1
Стерлитамак (юг Урала)	Чернозём типичный	1	2
Оренбург (юг Урала)	Чернозём южный	2	2
Безенчук (Заволжье)	Чернозём обыкновенный	1	3
Ершов (Заволжье)	Темно-каштановая почва	2	4

сивных засух приближается к их повторяемости в западной части ЦЧР с аналогичными подтипами почв (1 случай появления);

— лесостепные/степные районы Западной Сибири с распространенными в них выщелоченными и обыкновенными черноземами, где повторяемость интенсивных засух соответствует таковой на интервале 1945—1977 гг. в лесостепных/степных районах ЦЧР (2 случая появления);

— степные районы южного Урала с распространенными в них южными черноземами, приближающиеся по повторяемости интенсивных засух к районам Заволжья с аналогичным подтипом почв (4—6 случаев появления);

— сухостепные пространства крайнего юга Предуралья с характерными для них темно-каштановыми почвами, приближающиеся по повторяемости интенсивных засух к областям Нижнего Поволжья (8 случаев появления).

Повторяемость экстремальных засух, приводящих к почти полному иссушению корнеобитаемого слоя почвы, на исследуемых интервалах имеет сходные пространственные закономерности (табл. 4). Однако на временном интервале 1978—2010 гг. число случаев появления экстремальной засухи почти в 1.5 раза больше, чем на временном интервале 1945—1977 гг. вследствие ее резкого учащения в степных и сухостепных районах Заволжья (1—2 случая появления на первом временном интервале и 3—4 случая появления — на втором).

Заключение. Установление регионов-аналогов по сходному проявлению климатически обусловленных сельскохозяйственных рисков имеет важное практическое приложение. С одной стороны, такой подход позволяет оценить смещение границ зон рискованного земледелия и таким образом судить о степени уязвимости сельскохозяйственного сектора экономики к происходящим климатическим изменениям. С другой стороны, одновременно расширяются возможности для адаптации земледелия в уязвимых районах путем заимствования тех или иных приемов возделывания, а также технологий и достижений селекции из аналоговых территорий, учитывая накопленный ранее опыт региональных систем ведения сельского хозяйства.

Следует также отметить, что ранее полученные оценки изменения агроклиматических условий по климатическим сценариям, включая выявление потенциальных аналогов на временных срезах будущего [15—17, 26, 27], находятся в определенном согласовании с характером наблюдаемых изменений кли-

мата. В этом отношении использование метода пространственно-временных аналогов для его последующего приложения в разработке адаптационных подходов в земледелии может оказаться достаточно эффективным.

Список литературы

- [1] *Алпатов А. М.* О показателе засухи // Метеорология и гидрология. 1955. № 4. С. 21—24.
- [2] *Анци Дж.* Сельскохозяйственная экология / Под ред. Н. К. Софотерова. М.; Л.: Сельколхозиздат, 1932. 344 с.
- [3] Биоклиматический потенциал России: методы мониторинга в условиях изменяющегося климата / Под ред. А. В. Гордеева. М.: Изд-во РАСХН, 2007. Гл. 1. Разд. 1.2. С. 35—57.
- [4] *Боровков А. А.* Математическая статистика. 4-е изд. СПб.: Лань, 2010. 704 с.
- [5] *Вавилов Н. И.* Мировые ресурсы зерновых культур и льна. М.; Л.: Изд-во АН СССР 1957. 462 с.
- [6] *Вавилов Н. И.* Происхождение и география культурных растений. Л.: Наука, 1987. 438 с.
- [7] *Груза Г. В., Ранькова Э. Я.* Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 50—66.
- [8] *Давитая Ф. Ф.* Климатические зоны винограда в СССР. М.: Пищепромиздат, 1972. 203 с.
- [9] 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.
- [10] *Кокс Д., Хинкли Д.* Теоретическая статистика. М.: Мир, 1978. 562 с.
- [11] *Колосков П. И.* Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 328 с.
- [12] *Константинов А. Р., Зоидзе Е. К., Смирнова С. И.* Почвенно-климатические ресурсы и размещение зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 278 с.
- [13] *Моисейчик В. А., Богомолова Н. А., Максименкова Т. А., Страшная А. И.* Оценка агрометеорологических условий перезимовки и формирования урожая озимых культур с учетом изменения климата в России за последние 50 лет // Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере. Разд. 1.9. М.: Изд-во РАСХН, 2004. С. 127—154.
- [14] *Николаев М. В., Якушев В. П.* Адаптация агротехнологий и рациональное размещение посевов в условиях изменяющегося климата // Глобальные проявления изменений климата в агропромышленной сфере. Разд. 3.2. М.: Изд-во РАСХН, 2004. С. 274—299.
- [15] *Николаев М. В.* О применимости метода пространственных аналогов для оценки влияния изменений климата на агроэкологические условия в пределах Северо-Запада РФ // Методики и подходы для эмпирической базы адаптивно-ландшафтных систем земледелия. 2007. СПб.: ПИЯФ. С. 147—153.
- [16] *Николаев М. В.* Некоторые возможные последствия изменения климата для возделывания зерновых культур и способы упреждающей адаптации // Материалы научной сессии Агрофизического института по итогам 2011 года. СПб.: Изд-во АФИ, 2012. С. 86—90.
- [17] *Николаев М. В.* Принципы целесообразного размещения зерновых культур в условиях изменяющегося климата // Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата. СПб.: Изд-во АФИ/ РАСХН, 2012. С. 349—353.

- [18] Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия. М.: Агропромиздат, 1990. 27 с.
- [19] *Пасечнюк А. Д.* Погода и полегание зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 212 с.
- [20] *Сапожникова С. А.* Опыт агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд-во МСХ СССР, 1958. С. 14—37.
- [21] *Селянинов Г. Т.* Принципы агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд-во МСХ СССР, 1958. С. 7—13.
- [22] *Селянинов Г. Т.* Перспективы субтропического хозяйства СССР в связи с природными условиями. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 195 с.
- [23] *Фасулати С. Р.* Колорадский жук: 150 лет на картофеле, 50 лет в России / Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сб. науч. трудов. СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2007. Ч. 1. С. 171—177.
- [24] *Шашко Д. И.* Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 247 с.
- [25] *Eitzinger J., Utset A., Trnka M., Zalud Z., Nikolaev M., Uskov I.* Weather and climate and optimization of farm technologies at different input levels // Sivakumar M. V. K., Motha R. (eds). *Managing Weather and Climate Risks in Agriculture*. Chapter 10. Springer, Berlin Heidelberg, New York, 2007. P. 141—170.
- [26] *Nikolaev M. V.* Climate change effects on cereal cropping in Russia and options for adaptation // *Meteorological Journal (Meteorologicky Casopis)*. 2007. Vol. 10, N 2. P. 75—80. Slovak Hydrometeorological Institute/Slovensky Hydrometeorologicky Ustav: Bratislava, 2007.
- [27] *Nikolaev M. V.* Impact of climate change on agriculture in North-West Russia and adaptation options // D. T. Mihailovic, B. Lalic (eds). «*Advances in Environmental Modeling and Measurements*». Chapter 20. Nova Science Publishers. Inc. New York, 2010. P. 223—231.

Поступила в редакцию
7 мая 2013 г.

Application of spatial-temporal analogues method for assessing crop farming vulnerability due to climate change impacts

© *M. V. Nikolaev*

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

A comparison was made of climatic situations for two 33-yr periods: 1945—1977 and 1978—2010, as evidenced of significant changes in thermal and precipitation regimes in different agro-ecological regions of Russia. This enabled us to identify a number of analogous regions (with similar soil sub-types) determining the spatial shift in agroclimatic conditions with simultaneous movement of risk farming boundaries. The identification of farming risks was carried out as related to the change in the baseline climate and those associated with extreme climatic events. It was shown that such a kind of risks could superimpose and even create a threat of greater economic damages. Moreover, it was pointed to the opportunity of applying the spatial-temporal analogues method to the adaptation strategies in the context of impending climatic changes.

Key words: climatic situations for two time intervals, spatial shift in agroclimatic conditions, analogous regions, movement of risk farming boundaries, identification of farming risks, adaptation strategies for climate change impacts.

References

- [1] *Alpat'ev A. M.* O pokazatele zasuhi // *Meteorologija i gidrologija*. 1955, № 4. S. 21—24.
- [2] *Acci Dzh.* Sel'skohozjajstvennaja jekologija / Pod red. N. K. Sofoterova. M.; L.: Sel'-kolhozizdat, 1932. 344 s.
- [3] Bioklimaticheskij potencial Rossii: metody monitoringa v uslovijah izmenjajushhegosja klimata / Pod red. A. V. Gordeeva M.: Izd-vo RASHN. 2007. Gl. 1. Razd. 1.2. S. 35—57.
- [4] *Borovkov A. A.* Matematicheskaja statistika. 4-e izd. SPb.: Lan', 2010. 704 s.
- [5] *Vavilov N. I.* Mirovye resursy zernovyh kul'tur i l'na. M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1957. 462 s.
- [6] *Vavilov N. I.* Proishozhdenie i geografija kul'turnyh rastenij. L.: Nauka, 1987. 438 s.
- [7] *Gruza G. V., Ran'kova Je. Ja.* Obnaruzhenie izmenenij klimata: sostojanie, izmenchivost' i jekstremal'nost' klimata // *Meteorologija i gidrologija*. 2004. № 4. S. 50—66.
- [8] *Davitaja F. F.* Klimaticheskie zony vinograda v SSSR. M.: Pischepromizdat, 1972. 203 s.
- [9] 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.
- [10] *Koks D., Hinkli D.* Teoreticheskaja statistika. M.: Mir, 1978. 562 s.
- [11] *Koloskov P. I.* Klimaticheskij faktor sel'skogo hozjajstva i agroklimaticheskoe rajonirovanie. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 328 s.
- [12] *Konstantinov A. R., Zoidze E. K., Smirnova S. I.* Pochvenno-klimaticheskie resursy i razmeschenie zernovyh kul'tur. L.: Gidrometeoizdat, 1981. 278 s.
- [13] *Moisejchik V. A., Bogomolova N. A., Maksimenkova T. A., Strashnaja A. I.* Ocenka agrometeorologicheskikh uslovij perezimovki i formirovanija urozhaja ozimyh kul'tur s uchetom izmenenija klimata v Rossii za poslednie 50 let // *Global'nye projavlenija izmenenij klimata v agropromyshlennoj sfere*. Razdel 1.9. M.: Izd-vo RASHN, 2004. S. 127—154.
- [14] *Nikolaev M. V., Jakushev V. P.* Adaptacija agrotehnologij i racional'noe razmeschenie posevov v uslovijah izmenjajushhegosja klimata // *Global'nye projavlenija izmenenij klimata v agropromyshlennoj sfere*. Razdel 3.2. M.: Izd-vo RASHN, 2004. S. 274—299.
- [15] *Nikolaev M. V.* O primenimosti metoda prostranstvennyh analogov dlja ocenki vlijanija izmenenij klimata na agrojekologicheskie uslovija v predelah Severo-Zapada RF // *Metodiki i podhody dlja jempiricheskoy bazy adaptivno-landshaftnyh sistem zemledelija*. Izd-vo PIJaF, 2007. S. 147—153.
- [16] *Nikolaev M. V.* Nekotorye vozmozhnye posledstvija izmenenija klimata dlja vozdeljvanija zernovyh kul'tur i sposoby uprezhdajuschhej adaptacii // *Materialy nauchnoj sessii Agrofizicheskogo instituta po itogam 2011 goda*. SPb.: Izd-vo AFI, 2012. S. 86—90.
- [17] *Nikolaev M. V.* Principy celesoobraznogo razmeschenija zernovyh kul'tur v uslovijah izmenjajushhegosja klimata // *Tendencii razvitija agrofiziki v uslovijah izmenjajushhegosja klimata*. SPb.: Izd-vo AFI/ RASHN, 2012. S. 349—353.
- [18] *Ocenka pochv po sodержaniju i kachestvu gumusa dlja proizvodstvennyh modelej pochvennogo plodorodija*. M.: Agropromizdat, 1990. 27 s.

- [19] *Pasechnjuk A. D.* Pogoda i poleganie zernovyh kul'tur. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 212 s.
- [20] *Sapozhnikova S. A.* Opyt agroklimaticheskogo rajonirovanija SSSR // Voprosy agroklimaticheskogo rajonirovanija SSSR. M.: Izd-vo MSH SSSR, 1958. S. 14—37.
- [21] *Seljaninov G. T.* Principy agroklimaticheskogo rajonirovanija SSSR // Voprosy agroklimaticheskogo rajonirovanija SSSR. M.: Izd-vo MSH SSSR, 1958. S. 7—13.
- [22] *Seljaninov G. T.* Perspektivy subtropicheskogo hozjajstva SSSR v svjazi s prirodnyimi uslovijami. L.: Gidrometeoizdat, 1961. 195 s.
- [23] *Fasulati S. R.* Koloradskij zhuk: 150 let na kartofele, 50 let v v Rossii / «Nauchnoe obespechenie razvitija APK v uslovijah reformirovanija». Sb. nauch. trudov SPb.: Izd-vo SPbGAU, 2007. Ch. 1. S. 171—177.
- [24] *Shashko D. I.* Agroklimaticheskie resursy SSSR. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 247 s.
- [25] *Eitzinger J., Utset A., Trnka M., Zalud Z., Nikolaev M., Uskov I.* Weather and climate and optimization of farm technologies at different input levels // Sivakumar M. V. K., Motha R. (eds) «Managing Weather and Climate Risks in Agriculture». Chapter 10. Springer, Berlin Heidelberg, New York, 2007. P. 141—170.
- [26] *Nikolaev M. V.* Climate change effects on cereal cropping in Russia and options for adaptation. Meteorological Journal (Meteorologicky Casopis). 2007. Vol. 10. N 2. P. 75—80. Slovak Hydrometeorological Institute / Slovensky Hydrometeorologicky Ustav: Bratislava, 2007.
- [27] *Nikolaev M. V.* Impact of climate change on agriculture in North-West Russia and adaptation options // D. T. Mihailovic, B. Lalic (eds). «Advances in Environmental Modeling and Measurements». Chapter 20. Nova Science Publishers. Inc. New York, 2010. P. 223—231.

Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 2

ИНФОРМАЦИОННО-СЕТЕВАЯ ОСВОЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИИ: ПОНЯТИЕ, ИНДЕКСЫ, ПРИМЕРЫ

© **В. И. БЛАНУЦА**

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск
E-mail: blanutsa@list.ru

Географическая концепция хозяйственного освоения территории, созданная в советский период, в эпоху стремительного развития информационных сетей нуждается в некоторых уточнениях. Сформулировано общее представление об информационно-сетевом освоении территории. Предложено оценивать освоенность территории через модель механизма расширения информационной сети. Введены два индекса, с помощью которых можно идентифицировать такие модели. На примере почтовой сети досоветской Сибири выявлены модели, воспроизводящие развертывание сети в 1782—1916 гг. Для разных стадий развития определены региональные модели. Дана оценка сходства между моделью и реальным процессом расширения сети.

Ключевые слова: информационная сеть, почтовая сеть, информационно-сетевое освоение территории, модель развертывания сети, Сибирь, Российская империя.

Введение. Географическая концепция хозяйственного освоения территории [3, 5, 10], сформулированная на основе изучения социально-экономических процессов советского времени, в современных условиях нуждается в некото-