ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОНИКНОВЕНИЯ ИТАЛЬЯНСКОГО ПРУСА В СУБЪЕКТЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В XXI ВЕКЕ В СВЯЗИ С НАБЛЮДАЕМЫМИ И ОЖИДАЕМЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА

Е.Н. Попова¹⁾, И.О. Попов²⁾

¹⁾ Институт географии РАН,
Россия, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29; en_popova@mail.ru

²⁾ Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля,
Россия, 107258, Москва, ул. Глебовская, 20Б

Реферат. С помощью расчетов значений климатических предикторов и дальнейшего моделирования климатического ареала опасного стадного сельскохозяйственного вредителя – итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.) – выполнены оценки возможности его проникновения в субъекты РФ как по реальным климатическим данным, соответствующим двум периодам (1951-1970 гг. и 1991-2010 гг.), так и по климатическим данным будущего для середины и конца XXI-го века (2035-2054 гг. и 2080-2099 гг.) относительно периода 1981-2000 гг. Расчеты для периодов будущего сделаны с использованием среднемодельного климата для 31 модели CMIP5 при развитии «умеренного» сценария антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5.

Согласно полученным результатам, климатический ареал итальянского пруса будет существенно расширяться в более северные и северо-восточные регионы нашей страны, отдельные очаги к середине и к концу XXI-го века смогут появиться и в восточных, в том числе, дальневосточных регионах. Наблюдаемое на начало XXI-го века расширение реального ареала *Calliptamus italicus* L., связанное с уже произошедшим изменением климатических условий, согласуется с произведенными модельными расчетами, и многие регионы России, входящие в потенциальный климатический модельный ареал этого саранчового вредителя, уже стали благоприятны для его расселения. Из этого следует необходимость постоянного мониторинга состояния популяций вредителя в районах, примыкающих к северной и восточной границам его ареала.

Ключевые слова. Саранчовые, *Calliptamus italicus*, климатический ареал, региональные оценки, Российская Федерация, моделирование, изменение климата.

Введение

Различные климатические изменения последних десятилетий, обусловленные, в первую очередь, активным антропогенным вмешательством в есте-

ственную среду нашей планеты, приводят к глобальным последствиям, в том числе, к изменению среды обитания различных биологических видов, абиотических и биотических факторов их существования и, как следствие, к изменению целых экосистем (Оценочный доклад..., 2008а,б; Второй оценочный доклад..., 2014; Попова и др., 2019). Создаются новые экологические условия, к которым человечеству необходимо как можно раньше начать приспосабливаться, чтобы выжить в грядущей реальности. Предполагаемые механизмы адаптации должны включать в себя качественные прогнозы возникновения потенциальных угроз в различных сферах жизнедеятельности человека. В первую очередь, это касается сельскохозяйственного производства, обеспечивающего население продуктами питания. Успешность же растениеводства во многом зависит от сохранения урожая от различных вредителей культурных растений. Здесь скрывается опасность настоящего и прогнозируемого потепления климата (Попова и др., 2018; Попова, Попов, 2019а).

Наиболее мощный негативный фактор, причиняющий основной ущерб агрономическому производству, насекомые-вредители. Наблюдаемое изменение климата приводит к расширению их ареалов и изменению фенологических особенностей, что усиливает их вредоносность (Попова, 2014; Попова, Попов, 2013; Павлова и др., 2014; Ророва, 2014). Среди насекомых-вредителей по наносимому ущербу и масштабу катастрофических последствий особенно выделяются саранчовые. Это самая многочисленная группа среди прямокрылых насекомых. Они относятся к многоядным вредителям сельскохозяйственных растений и способны уничтожать любые культуры, вплоть до кустарников и древесных пород. Из распространенных на территории бывшего СССР видов свыше 100 в той или иной мере могут вредить сельскохозяйственным культурам. По образу жизни вредные саранчовые представлены стадными (собственно саранча) и нестадными (кобылки, коньки) формами. Наиболее опасны для сельскохозяйственных растений стадные формы (Попова, Попов, 2009; Попова, 2014).

Начиная с 1990-х годов и по настоящий момент на территории России и соседних стран наблюдается учащение и усиление вспышек массового размножения вредных саранчовых, о чем свидетельствуют многочисленные публикации (Бондарев, 2003; Попова, Попов, 2009; Попова, 2014; Столяров, 2005, 2007; Сергеев, Лачининский, 2007; Сергеев, 2007, 2010; Сергеев и др., 2016; Ророва, Роров, 2019). Частично предпосылки для этого были созданы экономической ситуацией в стране: нарушение единой службы защиты растений, снижение уровня агротехники и химизации, увеличение площади залежных земель. Однако более мощный фактор, способствующий усилению размножения и увеличению площадей распространения саранчовых, – наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения, проявляющиеся, прежде всего, в повышении приземной температуры воздуха, особенно в весенне-летний период, а также в увеличении числа жарких и засушливых лет и изменении характера увлажнения территорий (Попова, Попов, 2009; Второй оценочный доклад..., 2014; Попова, 2014; Ророва, Роров, 2019).

В данной статье нами была поставлена задача оценить потенциальные возможности проникновения наиболее вредоносного и распространенного на территории России вида стадных саранчовых – итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.) – в различные регионы России в условиях как уже наблюдаемых, так и прогнозируемых климатических изменений. Важность поставленной задачи обусловлена необходимостью мониторинга, прогноза и дальнейшей адаптации к новым экологическим и социальным угрозам настоящих и будущих десятилетий.

Методы и материалы

Основным материалом для анализа и решения поставленной задачи служили отдельные агроклиматические величины – предикторы, в наибольшей степени определяющие границы распространения итальянского пруса. Эти предикторы были выявлены с помощью накопленного ранее материала опытных и натурных исследований и расчетных оценок по распространению и климатическим предпочтениям данного вида саранчовых (Попова, 2014). Наблюдаемые метеорологические данные были взяты из массива данных суточного разрешения, размещенного в сети Интернет на сайте Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета) (<http://www.meteo.ru>). Данные о климате XXI-го века были предоставлены Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова (ГГО) (Катцов, Говоркова, 2013). Эти данные – среднемоделный климат для группы из 31-й модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) при развитии «умеренного» сценария антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 (Clarke et al., 2007; Moss et al., 2008). Выбранные модели участвовали в международном проекте CMIP5 (CMIP5: Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5; Diffenbaugh, Field, 2013), выполняемом в рамках Всемирной программы исследования климата – ВПИК (WCRP – World Climate Research Programme). Данные по температуре для периода 1981-2000 гг., с которым производилось сравнение модельного климата, были взяты из работы (Rienecker et al., 2011), а данные по осадкам для этого периода получены сотрудниками ГГО на основе работы (Xie, Arkin, 1998).

Оценка проводилась методом сравнения климатических ареалов итальянского пруса для отдельных двадцатилетних периодов XX-го и XXI-го веков: климатический ареал периода 1991-2010 гг. сравнивали с периодом 1951-1970 гг. (оба рассчитывались по наблюдаемым климатическим данным), а климатические ареалы, полученные на основе данных модельного климата для периодов 2035-2054 гг. и 2080-2099 гг., сравнивали с ареалом 1981-2000 гг., созданным на основе фактических климатических данных, согласно вышеприведенным источникам. Затем эти расчетные значения были интерполированы на центры квадратов географической сетки $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ и визуализированы с помощью ГИС MapInfo Professional 9.5.1, как описано в работах (Попова, Попов, 2013, 2019б).

Результаты и дискуссия

Для оценки климатических критериев, ограничивающих распространение итальянского пруса, был взят ареал, размещенный на интернет-ресурсе Агро-Атлас (Афонин и др., 2008). Этот ареал был построен по данным полевых наблюдений, накопленных к концу XX-го века на территории России и соседних стран (рис. 1).

Рисунок 1. Зоны распространения, сильной вредоносности и очагов массового размножения итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.), сформированные к концу XX-го века на территории России и соседних стран (Гричанов, Саулич, 2005)

Основываясь на данных этой карты и анализе литературных источников, для построения потенциального ареала итальянского пруса был выбран следующий климатический критерий. Для того, чтобы точка географического пространства входила в климатический ареал итальянского пруса, в ней должно быть выполнено одновременно два условия: годовая сумма активных температур воздуха в приповерхностном слое (среднесуточных значений выше 10°C) должна быть больше или равна $2250^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ (Попова, Попов, 2009); сумма осадков за период с мая по сентябрь должна быть менее 400 мм (Никитенко, 2004).

Используя вышеприведенный критерий, с помощью расчетных вычислений и последующего картографирования, были получены климатические ареалы итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.) на территории России и соседних стран за два периода: 1951-1970 гг. и 1991-2010 гг. (Попова, 2014). В настоящем исследовании была проведена оценка рисков проникновения итальянской саранчи в отдельные субъекты РФ. Для этого на карте цифрами были отдельно отмечены регионы расширения ареала данного вида в конце

XX-го – начале XXI-го века в связи с произошедшими климатическими изменениями. Полученная картосхема представлена на рис. 2.

Рисунок 2. Возможное проникновение *Calliptamus italicus* L. в различные субъекты Российской Федерации в 1991-2010 гг. по сравнению с 1951-1970 гг.

1 – территория вне границ ареала в оба периода; 2 – территория ареала в оба периода;
3 – территория приращения ареала

Цифрами обозначены субъекты РФ, оказавшиеся в зоне приращения климатического ареала итальянского пруса (их расшифровка дана в табл. 1)

Из рис. 2 и табл. 1 видно, на территорию каких более северных и северо-восточных субъектов РФ произошло расширение границ климатического ареала вредителя в 1991-2010 гг., по сравнению с 1951-1970 гг. Полученные по расчетным оценкам данные об увеличении количества регионов РФ, пригодных для расселения итальянского пруса в связи с изменением на их территории агроклиматических показателей, согласуются с реальными данными о расширении площади распространения и массового размножения этого вредителя на территории России (табл. 1; Павлова и др., 2014).

Для того, чтобы выяснить, каково будет дальнейшее приращение ареала итальянского пруса к середине и концу XXI века, нами были проведены расчеты его будущих границ на основе приведенного выше критерия и данных о среднемодельном климате в случае реализации сценария RCP4.5 (см. раздел Методы и материалы) при сравнении трех периодов времени: 1981-2000 гг. и 2035-2054 гг. (рис. 3) и 1981-2000 гг. и 2080-2099 гг. (рис. 4). Названия субъектов РФ дальнейшего расширения ареала итальянского пруса даны в табл. 1. Также в табл. 1 для сравнения приведены данные о расширении климатического ареала этого вида саранчовых в начале XXI-го века, рассчитанные по реальным климатическим данным (см. выше).

Таблица 1. Расшифровка кодов субъектов РФ с обозначениями регионов расширения климатического ареала *Calliptamus italicus* L.: к началу XXI-го века – 1991-2010 гг. относительно 1951-1970 гг. по наблюдаемым климатическим данным, к середине XXI-го века – 2035-2054 гг. и к концу XXI-го века – 2080-2099 гг. по модельным климатическим данным относительно периода 1981-2000 гг.

Код субъекта РФ	Название субъекта РФ	Регионы потенциального расширения климатического ареала итальянского пруса		
		в 1991-2010 гг.	в 2035-2054 гг.	в 2080-2099 гг.
1	2	3	4	5
02	Республика Башкирия	+)*)	+	+
03	Республика Бурятия	-	+	+
04	Республика Алтай	+	+	+
10	Республика Карелия	-	+	+
11	Республика Коми	-	-	+
12	Республика Марий Эл	+	+	+
14	Республика Саха (Якутия)	-	-	+
16	Республика Татарстан	+)*)	+	+
17	Республика Тыва	-	+	+
18	Удмуртская республика	+)*)	+	+
19	Республика Хакасия	-	+	+
21	Чувашская республика	+	+	+
22	Алтайский край	+)*)	+	+
24	Красноярский край	-	+	+
27	Хабаровский край	-	+	+
29	Архангельская область	-	-	+
33	Владимирская область	+	+	+
35	Вологодская область	-	+	+
37	Ивановская область	+	+	+
38	Иркутская область	-	+	+
40	Калужская область	+	+	+
42	Кемеровская область	-	+	+
43	Кировская область	+)*)	+	+
44	Костромская область	+	+	+
45	Курганская область	+	+	+
47	Ленинградская область	-	+	+
50	Московская область	+	+	+
52	Нижегородская область	+	+	+
53	Новгородская область	-	+	+
54	Новосибирская область	+)*)	+	+
55	Омская область	+)*)	+	+
56	Оренбургская область	+)*)	+	+
57	Орловская область	+	+	+
59	Пермский край	+	+	+

1	2	3	4	5
60	Псковская область	+	+	+
62	Рязанская область	+*)	+	+
65	Сахалинская область	-	-	+
66	Свердловская область	+	+	+
67	Смоленская область	+	+	+
69	Тверская область	+	+	+
70	Томская область	-	+	+
71	Тульская область	+	+	+
72	Тюменская область	+	+	+
74	Челябинская область	+*)	+	+
75	Забайкальский край	-	+	+
76	Ярославская область	+	+	+
86	Ханты-Мансийский АО	-	+	+

Примечание. *) – Субъекты РФ, где впервые было отмечено появление итальянского пруса в начале XXI-го века по данным наблюдений.
Зеленым цветом выделены регионы, проникновение в которые итальянского пруса произойдет в середине и в конце XXI-го века; красным цветом – только в конце XXI-го века.

Рисунок 3. Возможное проникновение *Calliptamus italicus* L. в различные субъекты Российской Федерации в 2035-2054 гг. относительно периода 1981-2000 гг. по результатам осреднения 31-й глобальной климатической модели CMIP5, сценарий RCP4.5
1 – территория вне климатического ареала в оба периода времени; 2 – территория приращения климатического ареала в период 2035-2054 гг. по сравнению с периодом 1981-2000 гг.;
3 – территория, входящая в климатический ареал в оба периода.
Цифрами обозначены субъекты РФ, оказавшиеся в зоне приращения климатического ареала итальянского пруса (их расшифровка дана в табл. 1)

На рис. 3 и 4 видно, что при развитии сценария RCP4.5 в периоды 2035-2054 гг. и 2080-2099 гг. относительно базового периода 1981-2000 гг. произойдет значительное последовательное расширение границ ареала итальянского пруса на территории России.

Полученные результаты, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что многие районы потенциально возможного расширения климатического ареала итальянского пруса в начале XXI-го века (1991-2010 гг.), рассчитанные по наблюдаемым климатическим данным, и регионы потенциального расширения этого ареала, рассчитанные по модельным данным при развитии сценария RCP4.5 в периоды 2035-2054 гг. и 2080-2099 гг. относительно базового периода 1981-2000 гг., совпадают. Во многие районы определенного для периода 1991-2010 гг. потенциального климатического ареала *Calliptamus italicus* L. уже произошло вселение вредителя, где он отмечен впервые в начале XXI века (табл. 1). Это указывает на то, что реальное расширение ареала итальянского пруса началось, и многие районы уже на начало века (1991-2010 гг.) стали пригодны для его распространения.

Рисунок 4. Возможное проникновение *Calliptamus italicus* L. в различные субъекты Российской Федерации к концу XXI-го века (2080-2099 гг.) относительно периода 1981-2000 гг. по результатам осреднения 31-й глобальной климатической модели СМIP5, сценарий RCP4.5

1 – территория вне климатического ареала в оба периода; 2 – территория приращения климатического ареала в 2080-2099 гг., по сравнению с 1981-2000 гг.; 3 – территория, входящая в климатический ареал в оба периода

Цифрами обозначены субъекты РФ, оказавшиеся в зоне приращения климатического ареала итальянского пруса (их расшифровка дана в табл. 1)

Из табл. 1 видно, что к середине XXI-го века (2035-2054 гг.) при развитии сценария антропогенного воздействия на климатическую систему Земли RCP4.5 продолжающееся потепление климата приведет к вероятности появления итальянского пруса в таких субъектах РФ, как Республики Бурятия, Карелия, Тыва, Хакасия, Красноярский, Забайкальский и Хабаровский края, Вологодская, Иркутская, Кемеровская, Ленинградская, Новгородская и Томская области, Ханты-Мансийский автономный округ. В конце XXI-го века (2080-2099 гг.) к этим регионам также присоединятся Республики Коми, Саха (Якутия), Архангельская и Сахалинская области (табл. 1). Это не означает, что итальянский прус обязательно появится в этих регионах, его распространению могут помешать другие факторы. Однако полученные данные указывают на то, что рассчитанный нами по выбранным климатическим критериям ареал *Calliptamus italicus* L. может расшириться в эти районы, что создаст потенциальную возможность для расселения в них вредителя. Это нужно учитывать при оценке рисков от глобального потепления для вышеназванных регионов и проводить соответствующие мониторинговые и защитные мероприятия.

По данным Обзора фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году (2018) за последние годы после максимального подъема численности саранчовых в 2012 году, что явилось следствием ряда жарких и засушливых лет, среди которых особенно выделяется 2010 год, происходит постепенный спад численности саранчовых вредителей. Это объясняется более прохладной и дождливой летней погодой последних лет и своевременными обработками очагов размножения саранчовых вредителей в весенне-раннелетний период (Обзор..., 2018). «Тем не менее, в ряде районов – от юга Украины до юга Западной Сибири отмечаются локальные кратковременные подъёмы численности пруса, либо местные популяции не "уходят" в глубокую депрессию, а остаются в состоянии рецессии, когда их плотность остается довольно высокой (часто – для имаго – на уровне 0.5-1.5 экз./м²)» (Сергеев и др., 2016). Если учесть, что экономический порог вредоносности (ЭПВ) для этого вида составляет 2-5 экз./м² (Коваленков, 2018), то приведенные цифры лишь незначительно снижены относительно ЭПВ. «Соответственно, при благоприятных погодных условиях репродуктивный потенциал многих региональных популяций вида может быть реализован полностью или почти полностью. Всё это означает, что опасность формирования очень серьёзных вспышек массового размножения итальянской саранчи очень велика в пределах всей области её обитания» (Сергеев и др., 2016). На цикличность вспышек массового размножения итальянского пруса указывал ранее и М.В. Столяров (2000).

Исходя из того, что наблюдаемые климатические изменения по всем прогнозируемым оценкам и в связи с постоянным увеличением антропогенных выбросов в атмосферу различных парниковых газов, преимущественно, диоксида углерода, продолжатся и в будущем, дальнейшее потепление климата должно будет способствовать тенденции расширения ареалов саранчовых и увеличения вспышек их массового размножения (Latchininsky, 2017). В совре-

менных работах все чаще указывается на то, что предварительный прогноз гораздо актуальнее и экономичнее, чем мероприятия по защите растений во время массовых нашествий саранчи (Стамо и др., 2017; Zhang et al., 2019). Именно поэтому проведенное исследование будет актуально и на протяжении последующих десятилетий XXI-го века.

Таким образом, полученные данные являются важным вкладом в оценку потенциального расширения ареала *Calliptamus italicus* L. в новые географические районы РФ, преимущественно в более северные и северо-восточные, а отдельные его очаги к середине и к концу XXI-го века смогут появиться в восточных и дальневосточных регионах. Это указывает на то, что мониторинг климатических параметров, влияющих на популяции итальянского пруса, их численность и распространение, а также мониторинг самих популяций должны продолжаться.

Исследования проведены в рамках выполнения темы Фундаментальных научных исследований гос. задания гос. академий наук № 0148-2019-0009, АААА-А19-119022190173-2: «Изменения климата и их последствия для окружающей среды и жизнедеятельности населения на территории России», региональные оценки сделаны при поддержке Программы Президиума РАН № 51 "Изменение климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования".

Список литературы

Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. (ред.). 2008. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. – Электронный ресурс. URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 15 января 2019).

Бондарев Л. Г. 2003. Саранча в Европе. – Вестник МГУ, сер. 5, № 1, с. 67-70.

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2014. /Под ред. В.М. Катцова и С.М. Семенова. – М., Росгидромет, 1008 с.

Гричанов И.Я., Саулич М.И. 2005. Вредители сельскохозяйственных культур. *Calliptamus italicus* (L.) – Итальянский прус. – Электронный ресурс. URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения 15 января 2019).

Катцов В.М., Говоркова В.А. 2013. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в 21-м веке: результаты расчетов с помощью глобальных климатических моделей (CMIP5). – Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, вып. 569, с. 76-98.

Коваленков В.Г. 2018. К вопросу о порогах вредоносности стадных видов саранчовых. – В сб.: Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем, вып. 10. – Краснодар, «Гарант», с. 39-42.

Никитенко Ю.В. 2004. Совершенствование системы мер борьбы с вредными саранчовыми (Orthoptera, Acridoidea) в условиях Ставропольского края. – Дис. ...канд. биол. наук. – Ставрополь, 185 с.

Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2017 году и прогноз развития вредных объектов в 2018 году. 2018. / Под ред. Д.Н. Говорова и А.В. Живых. – М., 978 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. I, Изменения климата. 2008а. – М., Росгидромет, 227 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, т. II, Последствия изменений климата. 2008б. – М., Росгидромет, 288 с.

Павлова В.Н., Попова Е.Н., Попов И.О. 2014. Глава 6.7. Сельское хозяйство. – В кн.: Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. /Под ред. В.М. Катцова и С.М. Семенова. – М., Росгидромет, с. 920-964.

Попова Е. Н. 2014. Возрастание саранчовой угрозы вслед за потеплением климата в России: расчетные оценки. – Агро XXI, № 7-9, с. 12-15.

Попова Е. Н., Попов И. О. 2009. Вредные саранчовые на юге России и климатические факторы, влияющие на их размножение и распространение. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 22. – М., ИГКЭ, с. 124-146.

Попова Е. Н., Попов И. О. 2013. Климатические факторы, определяющие границы ареалов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, и расчетные методы оценки изменения ареалов при изменении климата. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 25. – М., ИГКЭ, с. 177-206.

Попова Е.Н., Попов И.О. 2019а. Наблюдаемые и ожидаемые воздействия изменения климата на ареалы социально значимых биологических объектов. – В сб.: Системы контроля окружающей среды – 2019 /Тезисы докладов Международной научно-технической конференции (Севастополь, 12-13 сентября 2019 г.) – Севастополь, ИПТС, с. 137-138.

Попова Е.Н., Попов И.О. 2019б. Моделирование потенциальных климатических ареалов биологических видов и их климатогенных изменений. – Фундаментальная и прикладная климатология, т. 1, с. 58-75. Doi: 10.21513/2410-8758-2019-1-58-75.

Попова Е.Н., Попов И.О., Кухта А.Е. 2018. Выявление климатогенных угроз социо-естественным системам. – Человек и природа: Материалы XXVIII Международной междисциплинарной конференции «Проблемы глобализирующегося мира» и III Международной междисциплинарной молодежной школы «Человек и природа перед вызовами глобализации» /под ред.

Ковалевой Н.О., Костовска С.К., Некрич А.С., Салимгареевой О.А. – М., МАКС Пресс, с. 91. Doi: 10.29003/m218.978-5-317-05965-1.

Попова Е.Н., Попов И.О., Кухта А.Е. 2019. Динамика биотической компоненты наземных экосистем под влиянием изменений климата. – Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы гидрометеорологии и устойчивого развития Российской Федерации». – СПб., РГГМУ, с. 396-397.

Сергеев М. Г. 2007. Итальянская саранча на юго-востоке Западной Сибири: вероятно нарастание численности. – Защита и карантин растений, № 10, с. 38-39.

Сергеев М. Г. 2010. Вредные саранчовые России и сопредельных регионов: прошлое, настоящее, будущее. – Защита и карантин растений, № 1, с. 18-22.

Сергеев М. Г., Лачининский А. В. 2007. Вредные саранчовые: мировой обзор. – Защита и карантин растений, № 11, с. 24-28.

Сергеев М. Г., Чильдебаев М. К., Ванькова И. А., Гаппаров Ф. А., Камбулин В. Е., Коканова Э., Лачининский А. В., Пшеницына Л. Б., Темрешев И. И., Черняховский М. Е., Соболев Н. Н., Молодцов В. В. 2016. Итальянская саранча [*Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758)]: морфология, распространение, экология, управление популяциями /под ред. М.Г. Сергеева и М.К. Чильдебаева. – Рим, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН, 330 с.

Стамо П.Д., Коваленков В.Г., Кузнецова О.В., Тюрина Н.М., Никитенко Ю.В. 2017. Саранчовых вредителей необходимо контролировать на межрегиональном уровне. – Защита и карантин растений, № 2, с. 6-10.

Столяров М.В. 2000. Цикличность и некоторые особенности массовых размножений итальянского пруса (*Calliptamus italicus* L.) на юге России. – Экология, № 1, с. 48-53.

Столяров М. В. 2005. Некоторые особенности прогнозирования динамики численности стадных саранчовых. Надолго ли затихает их размножение? – Защита и карантин растений, № 1, с. 38-41.

Столяров М. В. 2007. Особенности мониторинга стадных саранчовых и противосаранчовых кампаний на юге России. – Защита и карантин растений, № 4, с. 40-43.

Clarke L., Edmonds J., Jacoby H., Pitcher H., Reilly J., Richels R. 2007. Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. – Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, DC., USA, 154 p.

Diffenbaugh N.S., Field C. B. 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. – Science, vol. 341, pp. 486-492.

Latchininsky A.V. Climate changes and locusts: what to expect? – Ecology and bioresources, No. 46, pp. 134-143.

Moss R., Babiker M., Brinkman S., Calvo E., Carter T., Edmonds J., Elgizouli I., Emori S., Erda L., Hibbard K., Jones R., Kainuma M., Kelleher J., Lamarque J.F., Manning M., Matthews B., Meehl J., Meyer L., Mitchell J., Nakicenovic N., O'Neill B., Pichs R., Riahi K., Rose S., Runci P., Stouffer R., van Vuuren C., Weyant J., Wilbanks T., van Ypersele J.P., Zurek M., Birol F., Bosch P., Boucher O., Feddema J., Garg A., Gaye A., Ibarra M., La Rovere E., Metz B., Nishioka S., Pitcher H., Shindell D., Shukla P.R., Snidvongs A., Thornton P., Vilarinho V. 2008. IPCC Expert Meeting Report: Towards New Scenarios for Analysis of Emissions. – Climate Change, Impacts, and Response Strategies. Intergovernmental Panel on Climate Change. – Geneva. 132 p.

Popova E.N. 2014. The Influence of Climatic Changes on Range Expansion and Phenology of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Coleoptera, Chrysomelidae) in the Territory of Russia. – Entomological Review, vol. 94, No. 5, pp. 643-653. Doi: 10.1134/S0013873814050017.

Popova E.N., Popov I.O. 2019. Climatic Reasons for the Current Expansion of the Range of the Italian Locust in Russia and Neighboring Countries. – Doklady Earth Sciences, vol. 488, No. 2, pp. 1256-1258. Doi: 10.1134/S1028334X19100246.

Rienecker M. M., Suarez M. J., Gelaro R., Todling R., Bacmeister J., Liu E., Bosilovich M.G., Schubert S.D., Takacs L., Kim G.-K., Bloom S., Chen J., Collins D., Conaty A., Silva A., Gu W., Joiner J., Koster R.D., Lucchesi R., Molod A., Owens T., Pawson S., Pegion Ph., Redder Ch. R., Reichle R., Robertson F.R., Ruddick A.G., Sienkiewicz M., Woollen J.. 2011. MERRA – NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications. – J. Climate, 24, pp. 3624-3648.

Xie P., Arkin P. A. 1998. Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing-longwave radiation. – J. Climate, vol. 11, pp. 137-164.

Zhang L., Lecoq M., Latchininsky A., Hunter D. 2019. Locust and Grasshopper Management. – Annual Review of Entomology, vol. 64, pp. 15-34.

Статья поступила в редакцию: 09.01.2020 г.

После переработки: 11.04.2020 г.

POTENTIAL POSSIBILITIES OF PERMISSION OF THE ITALIAN LOCUST IN THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE XXI CENTURY IN CONNECTION WITH OBSERVED AND EXPECTED CLIMATE CHANGE

E.N. Popova¹⁾, I.O. Popov²⁾

¹⁾ Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences,
29, Staromonetnyi lane, 119017, Moscow, Russian Federation; *en_popova@mail.ru*

²⁾ Yu.A. Izrael' Institute of Global Climate and Ecology,
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russian Federation

Abstract. Estimates of the possibility of invasion of the dangerous herd pest the Italian locust (*Calliptamus italicus* L.) into various constituent entities of the Russian Federation are carried out. For that the calculations of the climatic predictor values and further modeling of the Italian locust climatic range were made for the periods 1951-1970 and 1991-2010, using the real climatic data, and for the periods of the middle and end of the XXI century (2035-2054 and 2080-2099) relative to the period 1981-2000. The future climate data were calculated on the base of the average model climate for 31 CMIP5 models with the development of a “moderate” scenario of anthropogenic impact on the Earth’s climate system RCP4.5. According to the data obtained, the climatic range of the Italian locust will expand significantly into the more northern and northeastern regions of our country, and individual foci can appear in the eastern, including Far Eastern, regions by the middle and the end of the XXI century. The expansion of the real range of *Calliptamus italicus* L., observed at the beginning of the XXI century, associated with the already occurred change in climatic conditions, is consistent with model calculations, and many regions of Russia that are part of the potential climatic model range of this locust pest have already become favorable for its location. Therefore it is necessary to monitor constantly the status of pest populations in areas adjacent to the northern and eastern borders of its range.

Keywords. Locust, *Calliptamus italicus*, regional estimates, climatic range, Russian Federation, modeling, climate change.

References

Afonin A.N., Grin S.L., Dzyubenko N.I., Frolov A.N. 2008. *Agroekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nyh stran: ekonomicheski znachimye rasteniya, ih vrediteli, bolezni i sornye rasteniya* [Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds [Online]]. Available at: <http://www.agroatlas.ru> (accessed 15 January 2019).

Bondarev L.G. 2003. Sarancha v Evrope [Locust in Europe]. *Vestnik MGU – Bulletin of Moscow State University*, ser. 5, no. 1, pp. 67-70.

Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii [Second Roshydromet assessment report on climate change and its consequences in Russian Federation]. 2014. Moscow, 1008 p.

Grichanov I.Ya., Saulich M.I. 2005. *Vrediteli sels'kohozyajstvennyh kul'tur. Calliptamus italicus (L.) – Ital'yanskij prus* [Pests. *Calliptamus italicus* (L.) – Italian locust]. Available at: <http://www.agroatlas.ru> (accessed 15 January 2019).

Kattcov V.M., V.A.Govorkova. 2013. Ozhidaemye izmeneniya prizemnoj temperatury vozduha, osadkov i godovogo stoka na territorii Rossii v 21-m veke: rezul'taty raschetov s pomoshch'yu global'nyh klimaticheskikh modelej (CMIP5) [Expected surface air temperature, precipitation and annual runoff changes over the territory of Russia: projections with an ensemble of global climate models (CMIP5)]. *Trudy Glavnoj geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voejkova – Proceedings of the A.I. Voeikov Main Geophysical Observatory*, vol. 569, pp. 76-98.

Kovalenkov V.G. 2018. K voprosu o porogah vredonosnosti stadnyh vidov saranchovyh [K voprosu o porogah vredonosnosti stadnyh vidov saranchovyh [To the question of the harmfulness thresholds of herd species of locusts]. *Biologicheskaya zashchita rastenij – osnova stabilizacii agroekosistem* [Biological protection of plants – the basis for stabilization of agroecosystems], vol. 10, pp. 39-42.

Nikitenko Yu.V. 2004. *Sovershenstvovanie sistemy mer bor'by s vrednymi saranchovymi (Orthoptera, Acridoidea) v usloviyah Stavropol'skogo kraja* [Improving the system of control measures against harmful locusts (Orthoptera, Acridoidea) in the conditions of the Stavropol Territory]. Candidate's thesis. Stavropol, 185 p.

Obzor fitosanitarnogo sostoyaniya posevov sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Rossijskoj Federacii v 2017 godu i prognoz razvitiya vrednyh ob"ektov v 2018 godu [A review of the phytosanitary condition of agricultural crops in the Russian Federation in 2017 and a forecast of the development of harmful objects in 2018]. 2018. Moscow, 978 p.

Ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. T. I. Izmeneniya klimata [Assessment Report on Climate Change and Its Consequences in the Russian Federation. Vol. I. Climate change]. 2008a. Moscow, 227 p.

Ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. T. II. Posledstviya izmenenij klimata [Assessment Report on Climate Change and Its Consequences in the Russian Federation. Vol. II. Consequences of climate changes]. 2008b. Moscow, 288 p.

Pavlova V.N., Popova E.N., Popov I.O. 2014. Glava 6.7. Sel'skoe hozyajstvo. *V kn.: Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii* [Chapter 6.7. Agriculture. In: Second Roshydromet assessment report on climate change and its consequences in Russian Federation]. Moscow, pp. 920-964.

Popova E.N. 2014. Vozrastanie saranchovoj ugrozy vsled za potepleniem klimata v Rossii: raschetnye ocenki [The increase in locust threat following climate warming in Russia: calculating estimations]. *Agro XXI - Agro XXI*, no. 7-9, pp. 12-15.

Popova E.N., Popov I.O. 2009. Vrednye saranchovye na yuge Rossii i klimaticheskie faktory, vliyayushchie na ih razmnozhenie i rasprostranenie [Harmful locusts of South Russia and climatic factors affecting their reproduction and distribution]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of ecological monitoring and ecosystem modelling], vol. 22, Moscow, pp. 124-146.

Popova E.N., Popov I.O. 2013. Klimaticheskie faktory, opredelyayushchie granicy arealov vreditel'ev i vzbuditelej boleznej sel'skohozyajstvennykh rastenij, i raschetnye metody ocenki izmeneniya arealov pri izmenenii klimata [Climatic factors determining ranges of agricultural pests and agents of plant diseases and model methodology for assessment of change in ranges]. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem* [Problems of ecological monitoring and ecosystem modelling], vol. 25. Moscow, pp. 175-204.

Popova E.N., Popov I.O. 2019a. Nablyudaemye i ozhidaemye vozdejstviya izmeneniya klimata na arealy social'no znachimykh biologicheskikh ob'ektov [Observed and expected impacts of climate change on the ranges of socially significant biological objects]. *"Sistemy kontrolya okruzhayushchej sredy-2019" / Tezisy dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Sevastopol, 12-13 sentyabrya 2019* ["Environmental Monitoring Systems-2019"/ Abstracts of the International scientific and technical conference, Sevastopol, September 12-13, 2019]. Sevastopol, pp. 137-138.

Popova E.N., Popov I.O. 2019b. Modelirovanie potencial'nykh klimaticheskikh arealov biologicheskikh vidov i ih klimatogennykh izmenenij [Modeling of potential climatic ranges of biological species and their climate-driven changes]. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya – Fundamental and applied climatology*, vol. 1, pp. 58-75. Doi: 10.21513/2410-8758-2019-1-58-75.

Popova E.N., Popov I.O., Koukhta A.E. 2018. Vyyavlenie klimatogennykh ugroz socio-estestvennym sistemam [Detection of climatogenic threats to socio-natural systems]. *Chelovek i priroda: Materialy XXVIII Mezhdunarodnoj mezhdisciplinar-noj konferencii «Problemy globaliziruyushchegosya mira» i III Mezhdunarodnoj mezhdisciplinarnoj molodezhnoj shkoly «Chelovek i priroda pered vyzovami globalizacii»* [Human and nature: Proceedings of the XXVIII International Interdisciplinary Conference “Problems of the Globalizing World” and the III International Interdisciplinary Youth School “Man and Nature in Front of the Challenges of Globalization” (September 10-14, 2018, Sevastopol, Crimea, Russia)]. Moscow, p. 91.

Popova E.N., Popov I.O., Koukhta A.E. 2019. Dinamika bioticheskoy komponenty nazemnykh ekosistem pod vliyaniem izmenenij klimata [Dynamics of the biotic component of terrestrial ecosystems under climate change]. *Sbornik tezisov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye problemy*

gidrometeorologii i ustojchivogo razvitiya Rossijskoj Federacii» [Collection of theses of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Hydrometeorology and Sustainable Development of the Russian Federation"]. St. Petersburg, pp. 396-397.

Sergeev M.G. 2007. Ital'yanskaya sarancha na yugo-vostoke Zapadnoj Sibiri: veroyatno narastanie chislennosti [Italian locust in the southeast of Western Siberia: an increase in numbers is likely]. *Zashchita i karantin rastenij – Protection and Quarantine of Plants*, no. 10, pp. 38-39.

Sergeev M.G. 2010. Vrednye saranchovye Rossii i sopredel'nyh regionov: proshloe, nastoyashchee, budushchee [Harmful locusts of Russia and adjacent regions: past, present, future]. *Zashchita i karantin rastenij – Protection and Quarantine of Plants*, no. 1, pp. 18-22.

Sergeev M.G., Lachininskij A.V. 2007. Vrednye saranchovye: mirovoj obzor [Harmful locusts: a global overview]. *Zashchita i karantin rastenij – Protection and Quarantine of Plants*, no. 11, pp. 24-28.

Sergeev M.G., Chil'debaev M., Van'kova I., Gapparov F.A., Kambulin V.E., Kokanova E., Lachininskij A.V., Pshenicyna L.B., Temreshev I.I., Chernyahovskij M.E., Sobolev N.N., Molodcov V.V. 2016. *Ital'yanskaya sarancha [Calliptamus italicus (Linnaeus, 1758)]: morfologiya, rasprostranenie, ekologiya, upravlenie populyაციями* [Italian locust [*Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758)]: morphology, distribution, ecology, population management. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 330 p.

Stamo P.D., Kovalenkov V.G., Kuznecova O.V., Tyurina N.M., Nikitenko Yu.V. 2017. Saranchovyh vreditel' neobhodimo kontrolirovat' na mezhregional'nom urovne [Locust pests need to be controlled at the interregional level]. *Zashchita i karantin rastenij – Protection and Quarantine of Plants*, no. 2, pp. 6-10.

Stolyarov M.V. 2000. Ciklichnost' i nekotorye osobennosti massovyh razmnozhenij ital'yanskogo prusa (*Calliptamus italicus* L.) na yuge Rossii [Cyclicity and some features of mass reproduction of the Italian locust (*Calliptamus italicus* L.) in the south of Russia]. *Ekologiya – Ecology*, no. 1, pp. 48-53.

Stolyarov M. 2005. Nekotorye osobennosti prognozirovaniya dinamiki chislennosti stadnyh saranchovyh. Nadolgo li zatihaet ih razmnozhenie? [Some features of forecasting the dynamics of the number of herd locusts. How long does their reproduction subside?]. *Zashchita i karantin rastenij – Protection and Quarantine of Plants*, no. 1, pp. 38-41.

Stolyarov M.V. 2007. Osobennosti monitoringa stadnyh saranchovyh i protivosaranchovyh kampanij na yuge Rossii [Features of monitoring herd locust and locust campaigns in southern Russia]. *Zashchita i karantin rastenij – Protection and Quarantine of Plants*, no. 4, pp. 40-43.

Clarke L., Edmonds J., Jacoby H., Pitcher H., Reilly J., Richels R. 2007. Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change

Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. – Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, DC., USA, 154 p.

Diffenbaugh N.S., Field C. B. 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. – Science, vol. 341, pp. 486-492.

Latchininsky A.V. Climate changes and locusts: what to expect? – Ecology and bioresources, No. 46, pp. 134-143.

Moss R., Babiker M., Brinkman S., Calvo E., Carter T., Edmonds J., Elgizouli I., Emori S., Erda L., Hibbard K., Jones R., Kainuma M., Kelleher J., Lamarque J.F., Manning M., Matthews B., Meehl J., Meyer L., Mitchell J., Nakicenovic N., O'Neill B., Pichs R., Riahi K., Rose S., Runci P., Stouffer R., van Vuuren C., Weyant J., Wilbanks T., van Ypersele J.P., Zurek M., Birol F., Bosch P., Boucher O., Feddema J., Garg A., Gaye A., Ibararan M., La Rovere E., Metz B., Nishioka S., Pitcher H., Shindell D., Shukla P.R., Snidvongs A., Thorton P., Vilariño V. 2008. IPCC Expert Meeting Report: Towards New Scenarios for Analysis of Emissions. – Climate Change, Impacts, and Response Strategies. Intergovernmental Panel on Climate Change. – Geneva. 132 p.

Popova E.N. 2014. The Influence of Climatic Changes on Range Expansion and Phenology of the Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Coleoptera, Chrysomelidae) in the Territory of Russia. – Entomological Review, vol. 94, No. 5, pp. 643-653. Doi: 10.1134/S0013873814050017.

Popova E.N., Popov I.O. 2019. Climatic Reasons for the Current Expansion of the Range of the Italian Locust in Russia and Neighboring Countries. – Doklady Earth Sciences, vol. 488, No. 2, pp. 1256-1258. Doi: 10.1134/S1028334X19100246.

Rienecker M. M., Suarez M. J., Gelaro R., Todling R., Bacmeister J., Liu E., Bosilovich M.G., Schubert S.D., Takacs L., Kim G.-K., Bloom S., Chen J., Collins D., Conaty Au., Silva A., Gu W., Joiner J., Koster R.D., Lucchesi R., Molod A., Owens T., Pawson S., Pegion Ph., Redder Ch. R., Reichle R., Robertson F.R., Rud-dick A.G., Sienkiewicz M., Woollen J.. 2011. MERRA – NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications. – J. Climate, 24, pp. 3624-3648.

Xie P., Arkin P. A. 1998. Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing-longwave radiation. – J. Climate, vol. 11, pp. 137-164.

Zhang L., Lecoq M., Latchininsky A., Hunter D. 2019. Locust and Grasshopper Management. – Annual Review of Entomology, vol. 64, pp. 15-34.