

Заседание научного семинара Института глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля (ИГКЭ)

04 марта 2020 года

SUMMARY

(составила к.г.н. Т.В. Платова, ИГКЭ)

Состоялся доклад к.т.н. **ПАВЛОВОЙ Веры Николаевны** (Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии - ФГБУ «ВНИИСХМ») **«ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В 20-21 ВЕКАХ»**, в котором представлены основные результаты ее диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.30 — Метеорология, климатология, агрометеорология.

С развернутым комментарием выступил д.б.н. **ОЛЬЧЕВ Александр Валентинович** (МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет).

Председательствовал д.ф.-м.н., **СЕМЕНОВ Сергей Михайлович** (ИГКЭ).

ПРИСУТСТВОВАЛИ: д.г.н., проф. А.Д. Клещенко (ВНИИСХМ), д.б.н. А.В. Ольчев (МГУ, географический факультет), д.б.н., чл.-корр. РАН А.А. Романовская (ИГКЭ), д.г.н., проф. Г.М. Черногаева (ТГКЭ), д.б.н., проф. И.А. Шульгин (МГУ, географический факультет), д.ф.-м.н., проф. **С.М. Семенов** (председатель научного семинара ФГБУ "ИГКЭ"), д.б.н. В.В. Ясюкевич (ИГКЭ), к.г.н. В.А. Гинзбург (ИГКЭ), к.х.н. **А.А. Гладильщикова** (ученый секретарь ФГБУ "ИГКЭ"), к.ф.-м.н. Л.Л. Голубятников (ИФА РАН), к.с.-х.н. Р.Т. Карабань (ИГКЭ), к.б.н. Г.Э. Инсаров (ИГ РАН), к.ф.-м.н. А.И. Нахутин (ИГКЭ), к.г.н. Т.В. Платова (ИГКЭ), к.г.н. О.К. Устинова и др.

Семенов С.М. (председательствующий): Добрый день, уважаемые коллеги! Начинаем заседание нашего семинара. У нас сегодня Вера Николаевна Павлова представит доклад **«ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В 20-21 ВЕКАХ»**. Мы его послушаем не только как интересное и важное научное сообщение, но и как представление результатов подготовленной докторской диссертации. Пожалуйста, Вера Николаевна.

В. Н. Павлова представляет доклад (расширенные тезисы прилагаются).

Семенов С.М. (председательствующий): Спасибо, Вера Николаевна. Коллеги, какие есть вопросы по докладу?

А.И. Нахутин (ИГКЭ): *Не совсем понял из доклада, каким образом в фактических данных по трендам урожайности выделялась климатическая составляющая, чтобы сравнить ее с расчетами по модели?*

В.Н. Павлова: Мы не выделяли в фактических рядах урожайности климатическую составляющую тренда. Мы лишь оценивали с помощью модельных расчетов эту климатообусловленную составляющую. Выделение климатических трендов в рядах фактической урожайности – задача очень сложная, ее практическая реализация трудна, не всегда даже поддается решению. Часто это не удается сделать по той причине, что тренд климатический плохо отделяется от тренда технологического. Надежной методики для того, чтобы разделить эти два тренда, пока не существует.

А.И. Нахутин (ИГКЭ): *Вы сказали, что ваша модель работает для всей территории страны. Правильно ли будет предположить, что она будет работать достаточно хорошо и для других регионов мира?*

В.Н. Павлова: Если по какому-либо региону мира у нас будут входные данные для расчетов (метеорологические, агрогидрологические, почвенные и др.), то модель будет работать и для других регионов мира. Прежде попытки таких «глобальных» работ в институте предпринимались для территории Западной Европы, но продолжения не последовало из-за ограничений рамками научных проектов Росгидромета.

С.М. Семенов (ИГКЭ). *Я просто хочу уточнить. У Вас есть тренды фактической урожайности, а еще есть тренды климатообусловленной урожайности, которая рассчитана по фактическим рядам метеовеличин. Насколько я понял, эти тренды часто не совпадают. Как Вы думаете, чем объясняется это несовпадение. Вы говорите, что из-за изменений технологии. А, может быть, еще потому что часть земель заброшена или урожаи плохо собираются, т.е. играет роль и «человеческий фактор»?*

В.Н. Павлова: Да, этот фактор наряду с совершенствованием агротехнологий также вносит определенный вклад в тренды фактической наблюдаемой урожайности. Урожайность в отдельных регионах резко возросла в последнее десятилетие. Но этот факт нельзя объяснить изменением только агроклиматических условий. Тенденция к росту обусловлена использованием новых засухоустойчивых сортов, применением новых технологий обработки почвы и внесением удобрений – все эти возможности управления широко использовались за последнее десятилетие. Косвенно мы можем оценить эти факторы по данным урожайности Ростата. Например, в Поволжье оценки трендов

урожайности ниже, чем в Южном федеральном округе, где вносят удобрения, применяют разные схемы обработки почвы, влагосберегающие технологии. Оценки трендов урожайности здесь достаточно высокие. Важный фактор, как Вы правильно отметили – это сокращение посевных площадей. Из оборота выводятся «малопродуктивные» земли, и за счет этого средний уровень урожайности растет. По нашим расчетам коэффициенты корреляции между уровнем сокращения посевных площадей и урожайностью в основных зерновых регионах статистически значимые.

А.А. Романовская (ИГКЭ): *Вопрос на понимание. Учитывалось ли в модели изменение концентрации CO₂? В той формуле, которую Вы показывали, было написано CO₂, но неясно, что именно это означает, концентрацию?*

В.Н. Павлова: Да, прямое влияние концентрации CO₂ учитывается через модифицированную формулу Шартье. Это один канал влияния CO₂. Для более полного учета воздействия повышенного уровня концентрации CO₂ на физиологические процессы в модели введена зависимость от CO₂ в формулу для расчета устьичного сопротивления. Таким образом, учитывается реакция растений на рост концентрации CO₂ при недостатке и при избытке почвенной влаги. Численные эксперименты показали, что результаты расчётов урожайности соответствуют опубликованным данным, полученным в опытах с яровой пшеницей при повышенных уровнях концентрации CO₂.

А.А. Романовская (ИГКЭ): *Еще один вопрос. Если можно, открыть последнюю таблицу, где было изменение урожайности яровой пшеницы по федеральным округам. Вот, по Южному Федеральному Округу получается, что в 2030-е годы потери больше, чем мы ждем в 2090-е. Как Вы можете это объяснить?*

В.Н. Павлова: Мы обратили внимание на эти оценки. Входные данные для численных экспериментов - это данные МОЦА(О) - среднемесячные изменения температуры воздуха и осадков. При анализе выяснилось, что климатическая модель прогнозирует в 2090-е годы такой уровень увлажнения, который компенсирует прогнозируемый рост температуры. Расчёты показали, что снижение урожайности в этом регионе к концу столетия не будет значительным, если реализуется этот сценарий.

Л.Л. Голубятников (ИФА РАН): *Ваша модель описывает весь фитоценоз, т.е. Вы рассчитываете суммарную продуктивность всего фитоценоза, не разделяя биомассу на фракции – зерно, стебли, корни?*

В.Н. Павлова. Разделяем. Рассматриваются фракции - листья, стебли, корни, колосья, оболочка колоса и зерно. Динамика накопления сухой массы этих органов рассчитывается от даты всходов яровых до

созревания. На дату созревания переход от массы зерна к хозяйственному урожаю, (при 14% влажности), осуществляется с помощью коэффициентов, которые различаются по культурам.

Л.И. Голубятников (ИФА РАН): *Лет 10 назад Ваш отдел публиковал оценки изменения урожая по разным сценариям. Сейчас сделали такой же расчет при других сценариях. Вы не анализировали, насколько сильно изменение сценария повлияло на результат?*

В.Н. Павлова. Да, мы провели такой анализ. Результаты кардинально не изменились. Тенденция сохраняется от сценария к сценарию. Но оценки могут колебаться по регионам. Оценки по территории России в целом различаются, но не так значительно, как пространственное распределение оценок по регионам. При переходе к другой версии климатических моделей, которые постоянно обновляются и развиваются, мы можем получить другое, отличное от прежнего, поле оценок. Это одна из неопределенностей при оценке отклика урожайности, обусловленная данными расчётов по моделям общей циркуляции атмосферы, являющихся входными параметрами для системы Климат-Почва-Урожай.

Г.Э. Инсаров (ИГ РАН): *В первой части доклада Вы сказали, что есть климатообусловленное изменение урожайности (и урожая) и фактическое, и они отличаются тем, что в фактическом изменении есть еще вклад изменения агротехники, сортов и т.д. Мой вопрос о верификации модели, которая позволяет вычленить климатообусловленную часть. Правильно ли я понимаю, что для верификации Вы отбирали те хозяйства (поля, ценозы), где на протяжении последних 20 или 40 лет (у Вас 2 варианта) ничего не менялось: были те же сорта, та же агротехника и т.д., а остальные хозяйства Вы отбрасывали? Или я неправильно понимаю?*

В.Н. Павлова: Система может быть настроена на тот или иной уровень агротехники с помощью параметров модели. На первом этапе было принято допущение, что за базовый период с 1961 по 1990 г. уровень агротехники значительно не изменялся. Этот уровень был закреплён соответствующими параметрами модели. В расчётах воспроизводился соответствующий этому периоду средний уровень урожайности. Но агротехника медленно, но меняется. Поэтому система была «перенастроена» на новый средний уровень урожайности, соответствующий фактической урожайности периода 1996-2005 гг. Локальные параметры определяются для отдельных регионов, а не в среднем по стране; при этом используются данные по урожайности Росстата. . Основная задача при этом – сохранить адекватную реакцию агроценоза на всем диапазоне изменений агроклиматических условий. Таким образом, в модели уровень агротехники (нормы внесения удобрений, уровень окультуренности, даты сева и др.) закреплён на

одном уровне на весь расчетный период при наблюдаемом климате и прогнозах на 21 век

Г.Э. Инсаров (ИГ РАН): *Представленный в докладе прогноз (проекция) урожая связан именно с климатической составляющей или здесь опять «закреплена» некая агротехника?*

В.Н. Павлова. Этот прогноз урожайности составляется при условии современной агротехники (начала 21 века) и с учетом роста уровня концентрации CO₂ по опубликованным прогнозам. Если бы расчёты выполнялись при современном уровне CO₂, снижение урожайности было бы более значительным.

Г.М. Черногаева (ИГКЭ): *Когда Вы говорите в ответах (и в докладе) «вся земледельческая зона России», встает следующий вопрос (тем более Вы используете ретроспективные данные): с 1976 г. по 2018-2019 гг.: у нас границы земледельческой зоны изменились? Или мы определяем земледельческую зону какой-то широтой и не берем очаговое земледелие, берем только зону сплошного земледелия?*

В.Н. Павлова. Да, исследуется зона сплошного земледелия. В результате анализа сумм эффективных температур за вегетационный период северная граница зоны земледелия была прочерчена таким образом: примерно 60° с.ш. - до Урала и затем «ступенька» вниз на несколько градусов (см. слайд). В дальнейших расчетах граница уже не менялась.

Г.М. Черногаева (ИГКЭ): *Вы сказали, что «у нас повысилась продуктивность в целом в связи с тем, что мы теперь не используем ряд малопродуктивных земель». Во всех статистических данных по посевам зерновых мы видим совершенно отчетливый тренд на снижение площадей, которые распахиваются и засеиваются. Неужели это связано только с тем, что используются какие-то рекомендации вашего коллектива, или это все-таки связано с некоторым трендом нашей экономики, в том числе, сельского хозяйства?*

В.Н. Павлова. Да. Экономический фактор оказывает существенное влияние.

Г.М. Черногаева (ИГКЭ): *Вы пытаетесь полученные конкретные данные распространить на другие регионы. У Вас график, по которому посевные площади где-то растут, основан на данных по трем федеральным округам, а у нас за пределами этих округов вся Южная Сибирь и часть Дальнего Востока. И Вы считаете, что там тоже этот рост имеет место? Или есть вариации?*

В.Н. Павлова При оценке урожайности мы, конечно, должны учитывать все посевные площади. К сожалению, из-за недостатка данных, мы основываемся на тех площадях, информация о которых была доступна. Естественно, это вносит некоторую неопределенность в оценки.

Г.М. Черногаева (ИГКЭ): *Я все-таки хотела бы услышать о том, что при такой огромной территории и огромной разнице в природно-климатических условиях мы имеем вариацию, а обобщение по всей территории – это некая формализация.*

В.Н. Павлова. Да, конечно.

Г.М. Черногаева (ИГКЭ): *По сравнению с классификацией климатов М.И. Будыко, с его индексами, у нас меняется представление о гумидности и аридности климата или используется классическое определение?*

В.Н. Павлова. Используем классическое определение.

И.А. Шульгин (МГУ им. М.В. Ломоносова): *У Вас в институте накоплен большой фактический материал полевых экспериментов, в которых оценивалось общая валовая масса растительности, зерна и т.д., а так же по отдельным органам растений. Известно, что при изменении условий соотношение органов меняется, так что оно может служить показателем изменения условий. Почему эту сторону Вы совершенно не упомянули? Это было бы целесообразно учесть, поскольку экспериментальные многолетние результаты являются одними из базовых при оценке доказательности работы. Доказательность – одна из важнейших-вещей для оценки объективности результатов.*

В.Н. Павлова. Вы правы, в институте действительно был в свое время накоплен большой фактический материал полевых экспериментов, и мы его использовали при создании модели. Сегодня в докладе я в меньшей степени касалась начального этапа разработки и идентификации модели, но могла бы, конечно, привести материалы и графики, которые на тот момент были получены и в дальнейшем использовались в данной работе. Одна из основных целей при построении модели – описать динамику накопления биомассы по органам растений в зависимости от складывающихся условий. Поэтому в модели введено биологическое время (сумма накопленных эффективных температур), введены температурные и влажностные функции и др. Были построены многочисленные графики, показывающие, как меняется соотношение органов при изменении агрометеорологических условий. Но, к сожалению, в докладе я их не привела.

И.А. Шульгин (МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет): *Вы упомянули, что «научная значимость работы доказывается тем, что она поддержан (а) фондом и т.д.». Я не считаю это доказательством. Докторская диссертация должна отвечать следующему: мы впервые обосновали, показали то-то и то-то. Это и есть научная значимость. Могли бы Вы сформулировать однозначное предложение - что принципиально отличного от всех других Вами сделано?*

В.Н. Павлова. На мой взгляд, поддержка фонда – это одно из подтверждений практической значимости работы, интереса к подобным исследованиям. А новизна в том, что разработана действующая имитационная система, не имеющая аналогов, по крайней мере, в России. С помощью этой системы воспроизводится современный уровень урожайности зерновых на территории всей земледельческой зоны России и на этой основе даются обоснованные вероятные оценки её изменений в будущем.

И.А. Шульгин (МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет): *Вы говорили о мерах адаптационного характера, разработанных Вами для АПК. какие два основных момента Вы бы выделили, которые можно учитывать или как-то ими пользоваться и в ближайшее время, и спустя 50 лет. Если не брать, скажем, перенос растений из зоны в зону.*

В.Н. Павлова. Из потенциальных адаптационных мер, по нашим оценкам, можно выделить управляющее воздействие путем изменения уровня минерального питания, сроков и доз внесения минеральных удобрений – все это наша модель дает возможность рассчитать. Также значительный адаптационный потенциал имеют ирригационные мероприятия: задавая нормы поливов, можно оценить, насколько они будут эффективны. В какой-то мере можно учесть в сценарных расчетах и сортосмену. Различия в сортах с помощью модели можно учесть, изменяя длину межфазных периодов - самые длинные для позднеспелых культур и короткие для раннеспелых.

И.А. Шульгин (МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет): На кого рассчитана Ваша работа, спустя 40-50 лет. Кто сейчас мог бы реально воспользоваться Вашими материалами?

В.Н. Павлова. На сегодняшний день наши материалы могут быть использованы исследователями, занимающимися экономическими вопросами, связанными с урожайностью и продуктивностью. Полезна наша информация управляющим органам на уровне министерства сельского хозяйства, на местном уровне и даже на уровне фермерских хозяйств. Я могу привести практический пример. К нам в прошлом году обратились производители зерна из Ростовской области с просьбой

рассчитать, какие будут условия через 20-30 лет в центральных областях ЕЧ России, чтобы они могли оценить, покупать ли им землю в тех регионах. Это уже говорит о том, что информация востребована даже на таком уровне.

И.А. Шульгин ((МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет)
Какова степень Ваших собственных сомнений в том, что можете сказать кому-то: действительно, через 20-30 лет урожайность будет такой, а не иной. Например, я - селекционер и спрашиваю: «а правда ли, что на 50, 60 или 70% будет именно так. Тогда я буду работать над выведением в первую очередь, сорт, адаптируемый к предполагаемым условиям, например, жароустойчивый сорт».

В.Н. Павлова: С определенной степенью вероятности я такой ответ можно дать. Но во многом это определяется вероятностью реализации конкретных рассматриваемых климатических сценариев.

И.А. Шульгин (МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет)
Я полагаю, что в значительной мере ответ может быть дан, если модель действительно сможет работать с совокупностью новых климатических значений и, если она сможет учитывать неравномерность изменения факторов обуславливающих продукционный процесс. Например: при увеличении концентрации CO_2 от 0,03 до 0,05 реакция растений будет одна, но если CO_2 будет возрастет до 0,09 – 0,1, то реакция принципиально будет другой при меньшем изменении гидротермического режима.

С.М. Семенов (ИГКЭ): *Повторите, пожалуйста, настройка каких параметров модели требуется в зависимости от региона. Кроме климата что-то еще приходится настраивать?*

В.Н. Павлова: При настройке модели для регионального уровня мы определяем три или четыре локальных параметра. Эти параметры учитывают уровень увлажненности, окультуренности и плодородия почвы в регионе и определяются для каждого региона.

Семенов С.М. (председательствующий): Коллеги, есть еще желающие задать вопросы? Нет. Тогда переходим к дискуссии. Давайте сначала предоставим слово профессору А.Д. Клещенко, под общим руководством которого во ВНИИСХМ проводились эти работы. Пожалуйста, Александр Дмитриевич.

ДИСКУССИЯ

А.Д. Клещенко (ВНИИСХМ): Наша страна всегда страдала от неурожаев из-за погодно-климатических условий: около 60% территории - зона

неустойчивого или рискованного земледелия. Мы вошли в анналы вместе с китайцами и американцами с засухой 2010 г. Во ВНИИСХМ научной стороной этой проблемы занимались уже давно. Игорь Александрович Шульгин прав - материалы наблюдений, действительно, есть. Вера Николаевна показывала, как влияет погода, климат на урожайность, на продуктивность. С появлением первых моделей, естественно, наш институт тоже начал ими заниматься, в частности, профессор Олег Дмитриевич Сиротенко. Существенный плюс моделей в том, что некоторые агроклиматические параметры можно определить только с их помощью. Комплексную оценку для определенной территории можно дать также, на мой взгляд, только с помощью модели. Естественно, модель должна быть адекватная, должна быть сделана ее валидация, верификация. Этим важным вопросам Олег Дмитриевич и Вера Николаевна посвятили много времени, результаты их работ в этом направлении (на наш взгляд, достаточно убедительные) мы неоднократно слушали. В качестве обоснования значимости этой работы: во ВНИИСХМ (головная организация) где-то с 2006 по 2012 г. выполнялся большой проект министерства сельского хозяйства. Были получены достаточно интересные результаты, в том числе оценки изменений климата и влияния изменения климата на продуктивность, были рекомендованы некоторые меры по адаптации. К сожалению, работа по обоснованию мер адаптации для каждого субъекта не была доведена до конца. С точки зрения оценки влияния изменения климата на продуктивность была получена оценка биоклиматического потенциала, как для всей территории страны, так и для отдельных субъектов. Я считаю это одним из значимых результатов. Возможности модели позволяют использовать для решения агрометеорологических задач, например для оценки рисков применение: например, в страховании (оценка рисков).

Вера Николаевна больше 40 лет работает по этим проблемам. С самого начала этой работы она была одним из главных исполнителей, а последние 8 лет фактически руководит этим направлением работ. Мы неоднократно заслушивали Веру Николаевну в нашем институте на Ученом совете и пришли к выводу, что работа может быть представлена к защите на соискание степени доктора наук.

Семенов С.М. (председательствующий): Теперь предоставляем слово профессору А.В. Ольчеву, который любезно согласился подготовить развернутый комментарий. Пожалуйста, Александр Валентинович.

А.В. Ольчев (МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет): Диссертационная работа В. Н. Павловой «ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В 20-21 ВЕКАХ» является логичным обобщением многолетних исследований проводимых автором в тесном сотрудничестве с проф. О. Д. Сиротенко, Е.В. Абашиной, проф. А.Д. Клещенко и с другими коллегами по

Всероссийскому научно-исследовательскому институту сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ) в Обнинске по развитию инновационного модельного подхода для оценки урожайности сельскохозяйственных культур при разных сценариях современных и будущих климатических изменений.

В настоящее время разработанная при участии В. Н. Павловой динамическая модель является единственной процесс-ориентированной динамической моделью в России, способной давать надежные и адекватные оценки по урожайности основных зерновых культур на территории Российской Федерации. Модель базируется на нескольких тесно взаимосвязанных блоках, описывающих: динамику фитомассы отдельных органов растений на основе расчета фотосинтетической продуктивности, дыхания, роста, распада, развития и старения растений; динамику влагозапасов почвы как результата моделирования процессов инфильтрации, испарения, транспирации и корневого поглощения влаги; динамику минерального азота почвы путём моделирования процессов нитрификации, денитрификации, его корневого поглощения и вымывания. Модель учитывает разные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, внесение органических и минеральных удобрений, риски воздействия на урожай опасных явлений погоды.

Личный вклад В.Н. Павловой в исследования определяется развитием отдельных блоков модельного комплекса, проведением численных экспериментов, проверкой адекватности моделей, калибровкой входных параметров модели, применением модели к решению различных практических задач, в том числе, по прогнозу урожайности зерновых культур и агроклиматических ресурсов территории Российской Федерации при современных и будущих климатических условиях, а также интерпретацией полученных результатов. Затрагивая практическую значимость результатов проведенных исследований, стоит отметить активное участие автора в подготовке Оценочных докладов об изменении климата и его последствиях на территории Российской Федерации, доклада о климатических рисках, а также национального доклада "Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель". Важно оценить значимость прогнозных оценок, полученных автором с помощью ансамблевых расчётов по региональной климатической модели и с помощью имитационной системы "Климат - Почва - Урожай", показывающих статистически значимое климатообусловленное снижение продуктивности зерновых культур относительно современного уровня и рост числа лет с экстремальными гидрометеорологическими условиями к середине XXI века. Данный прогноз очевидно существенно важен для разработки грамотной стратегии развития сельскохозяйственного производства в России на ближайшие несколько десятилетий.

Результаты исследований опубликованы автором в многочисленных российских и международных реферируемых изданиях, включая

коллективные монографии и научные журналы. Они также представлены на многочисленных российских и международных конференциях. Все это, несомненно, является подтверждением важности проводимых автором исследований и широкого научного признания полученных автором результатов, как в России, так и за рубежом.

В качестве пожелания автору, не обращая особого внимания на мелкие текстовые неточности и недоработки, встречающиеся обычно в любом серьезном научном исследовании, стоит отметить целесообразность более глубокого обоснования преимуществ разработанного модельного продукта по сравнению с существующими модельными аналогами, активно применяющимися в мире для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур. Среди подобных моделей можно например выделить модели DSSAT-CSM (Jones et al. 2003), CROPSYST (Stockle et al. 2003) и PerSyst (Ballot et al 2018). Очевидно, что каждая из этих моделей обладает определенными преимуществами и недостатками, использует множественные упрощения и приближения. Задача у исследователя конечно не стоит в возможном сравнении разных моделей по их способности адекватно спрогнозировать урожайность зерновых культур в разных географических регионах. Данная задача может быть реализована в рамках отдельного научного исследования. Однако кажется вполне целесообразным выделение (подчеркивание) ключевых преимуществ разработанного модельного продукта по сравнению с другими существующими моделями. В частности можно говорить об использовании в разработанной динамической модели уникальных параметризаций и алгоритмов, учете в модели важных составляющих биогеохимического цикла, учете региональных климатических почвенных особенностей для прогноза урожайности зерновых культур на территории Российской Федерации,

Г.М. Черногаева (ИГКЭ). Доклад содержательный и интересный, дающий нам много нового, несмотря на то, что Росгидромет уже неоднократно использовал ряд результатов этой работы, что подтверждает её актуальность. С моей точки зрения эта работа даже больше, чем диссертация. **Объем материалов превышает требования диссертации, текст нужно сконцентрировать на наиболее важных практических и научных проблемах и хорошо отредактировать.** Атуально? – Да. Научно? – Да. Имеет практическое значение? – Имеет. Мне кажется, что сейчас дело заключается только в редакции. Что касается использования данных Росстата. Когда мы выходим на уровень ВАКа, мы смотрим, насколько это аргументировано на государственном уровне. А для нашего государства Росстат остается «истиной в последней инстанции». Конечно, Вера Николаевна вынуждена пользоваться данными Росстата. А новизна работы как раз и состоит в том, что работа сделана для территории России, и необязательно ее использовать во Франции. И нам, может быть, совершенно

не подходит американская модель: там совершенно другая климатическая зона, другие почвы, все другое.

А.А. Романовская (ИГКЭ): Я хотела бы Вас поблагодарить, Вера Николаевна. Ваш доклад достаточно подробный, и для меня, как человека далекого от моделей, наконец, стало понятно, что заложено и что и почему получается в результате. В части дискуссии могу сказать, что у нас позиционируется, как мне кажется, во многих документах даже на государственном уровне, что наблюдаемое повышение урожайности зерновых – это, в том числе, проявление тех благоприятных изменений климата, которых все ждут на территории Российской Федерации. Но их, благоприятных, на самом деле нет и, наверно, не будет. Ваша работа, во-первых, показывает, что а) это не так, никаких благоприятных для сельского хозяйства изменений климата нет и не ожидается и б) показывает, что увеличение урожайности, которое есть, происходит за счет того, что вы называете «блок агротехнического управления». Но что происходило в этом блоке, за счет чего сейчас росла вот эта урожайность, хотя внесение минеральных удобрений как упало с 1990-х годов на 65-66%, так примерно на этом уровне и остается? Происходит изменение структуры посевных площадей: действительно, яровые уходят, потому что фермеры адаптируются, не дожидаясь национальных мер по адаптации, сеют озимые, которые успеют вызреть до того, как в августе все засохнет и т.д.

Я для себя понимаю, что вот эта огромная урожайность, которую мы видим, по сути, обусловлена хищническим использованием плодородия почв, которое у нас происходит. И я, честно говоря, пока не видела данных, чтобы мы эти потери как-то компенсировали. Часто все это объяснялось ростом концентрации CO₂, что это происходит не за счет плодородия почв. Ваша работа, на самом деле, имеет два выхода: это и четкое объяснение того, что происходит с климатически обусловленной урожайностью и, с другой стороны, показывает то, как мы поступаем с нашими почвами, и что мы экспортируем сейчас вместо зерна, по сути, достояние и безопасность нашей страны - плодородие почв. Спасибо.

М.Ю. Бардин (ИГКЭ, мнение предоставлено в письменном виде): Вера Николаевна уже много лет руководит работой по подготовке раздела «Агроклиматические условия» в ежегодный Доклад Росгидромета о климате РФ. Раздел все это время постоянно совершенствовался и сейчас это один из наиболее интересных и значимых разделов доклада. Он содержит сведения о сложившихся условиях тепло- и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, сравнение с предшествующим периодом, оценки условной урожайности в зависимости от климатических условий. Также даются оценки сложившихся условий влагообеспеченности для озимых культур, в каком-то смысле прогностические – для будущего года. Наряду с этим даются оценки тенденций современных изменений агроклиматических условий на

территории страны, которые обеспечивают заинтересованные организации необходимой информацией для планирования структуры посевов – в определенном смысле, для адаптации к изменениям климата. Таким образом, работа представляет очевидную ценность в научном и практическом смысле.

И.А. Шульгин (МГУ им. М.В. Ломоносова): Я во многом согласен с тем, что говорил Александр Валентинович Ольчев. С одной стороны, действительно, рассматривается очень важная тема и очень важная проблема. С другой стороны ее значимость определяется способностью модели и входящих в нее параметров рассмотреть и показать степень обоснованности применения тех или иных параметр(ов). Вот Вы, Вера Николаевна, сказали о том, что на 80-85% гарантируете, что будет так, как предсказывает модель. Я бы не стал давать столь однозначную количественную меру этого, особенно с учетом того, что опасные погодно-климатические явления, к сожалению, далеко не столь предсказуемы в рамках сглаженной тенденции того или иного сценария. К примеру, на эту зиму для ЕТР был один прогноз, а смотрите, какая зима. Считаю, что очень важно в работе подчеркивать, что дается как бы мера развития, мера (диапазон) предварительности и поэтому необходимо подчеркнуть весьма большую меру неопределенности самих результатов. Для научной работы сомнения – это один из инструментов познания, тем более, что здесь есть две позиции для некоторых сомнений. С одной стороны, как сказал Александр Валентинович, желательно сравнить эту модель с другими моделями, оценить насколько одна лучше другой. Второй вопрос – входные параметры. Я уже говорил, что формула Шартье вызывает много вопросов, много сомнений в ее применимости. Она не отражает реальную фотосинтетическую деятельность целостного растения даже в течение суток. Поэтому вопрос измерения фотосинтеза, газообмена, которые экспериментально не измерялись авторами, требует существенного анализа вообще и в данной работе – особенно, чтобы решить вопрос о том, в какой степени можно пользоваться (или нельзя?) данными расчетами. Вот такие вещи нужно «обыгрывать», чтобы слушателю было понятно Ваше личное отношение. Конечно, требуется значительная редакционная работа над текстом, над понятиями. Я понимаю «производство зерна», но не понимаю «производство зерновых культур». Я думаю, что Вы с этим справитесь. Конечно, эта работа, после определенной работы над ней, может быть предметом защиты.

С.М. Семенов (председательствующий): Итак, резюмируем. Мы сегодня заслушали очень интересный научный доклад, состоялась очень интересная дискуссия. То, что докладывалось сегодня – это случай довольно редкий. Это не какая-то работа, сделанная специально как докторский том. Это результат многолетней работы коллектива, где работала Вера Николаевна и работает до сих пор уже в качестве руководителя. По сути, это и научный продукт, и инструмент для практических дел. Действительно, созданная система,

включающая математическую модель, систему информации, систему расчетов, систему представления данных, используется в Росгидромете в оперативной работе. Полученные на базе разработанной системы оценки включались в ежегодные Доклады об особенностях климата на территории РФ, в Первый и Второй оценочные доклады 2008 и 2014 гг. Очевидно, что представленная работа нашла свое естественное, востребованное внедрение в Росгидромете и вообще в российской прикладной науке, т.е. это не просто теория. В качестве несущественного замечания можно просить Веру Николаевну акцентировать некоторые вопросы в следующем докладе. Например, интересно было бы узнать Ваше мнение о степени влияния увеличения концентрации CO_2 на продуктивность. Некоторые авторы считают, что влияние совсем пренебрежимое, некоторые считают, что большое. То есть имеется прибавление CO_2 и, с одной стороны, климат изменяется (а по Вашим оценкам климатообусловленная урожайность от этого падает), с другой стороны, CO_2 стало больше и, вроде как, все должно немного оживиться. По данным МГЭИК урожай стал немножко больше, но хуже по качеству, поскольку в зерне уменьшилось содержание белка. Необходимо дать оценку международным сводкам. В нескольких докладах МГЭИК подряд была высказана точка зрения, что увеличение средней глобальной температуры вплоть до $+2^\circ\text{C}$ к доиндустриальному уровню приводит к некоторому росту урожайности в умеренных широтах и к убыванию - в тропических. При дальнейшем увеличении температуры (более чем на 2°C) урожайность уже убывает и в умеренных широтах, и в тропических. Желательно добавить абзац с аналогичными оценками урожайности, полученными по Вашей модели для северных и южных районов РФ. Однако, это не более чем совет.

Я думаю, что можно поддержать эту диссертационную работу, положительно оценить научные результаты и поблагодарить Веру Николаевну за интересный доклад.

Позволю себе следующим образом подвести **ИТОГ ДОКЛАДА И ДИСКУССИИ:**

В представленном докладе суммированы результаты исследований, которые проводились В.Н. Павловой многие десятилетия. Их направление - создание и внедрение комплекса математических моделей, которые в совокупности составляют систему для исследования, оценки и прогноза влияния изменения климата на урожайность зерновых культур.

Концепция такой системы была совместно предложена О.Д. Сиротенко и В.Н. Павловой. Создание комплекса моделей, конструирование системы, ее калибровка и верификация, поддержание и дальнейшее развитие - заслуга В.Н. Павловой. В России не существует другой подобной системы. Научная обоснованность использованных подходов и методов не вызывает сомнений.

Созданная система не осталась, как это иногда бывает, абстрактным продуктом теоретических построений. Сообразно замыслу, с помощью этой системы осуществляется агроклиматическое обслуживание и генерируются

оценки фактической климатообусловленной урожайности и сценарные оценки будущей урожайности зерновых культур. Результаты этой работы регулярно включаются в периодически выпускаемые доклады и информационные бюллетени Росгидромета. Таким образом, работа В.Н. Павловой имеет очевидную практическую значимость, внедрена на уровне Росгидромета и Министерства сельского хозяйства РФ.

Опираясь на созданный аппарат, В.Н. Павлова провела ряд глубоких исследований агроклиматических ресурсов страны. Ею получены новые и практически весьма важные оценки временных трендов климатообусловленной составляющей урожайности зерновых для зернопроизводящих регионов России. Это стало возможным, в том числе потому, что базовый инструмент анализа - система моделей "климат-почва-урожай" - допускает региональную настройку. Этим данная система уникальна. Долговременный нисходящий тренд климатообусловленной составляющей урожайности зерновых - ясный сигнал для лиц, принимающих решения и определяющих климатическую политику страны.

Научные результаты, представленные В.Н. Павловой, многократно докладывались на профессиональных семинарах и конференциях, опубликованы в авторитетных научных изданиях.

Полагаем, что результаты, изложенные в научном докладе В.Н. Павловой, более чем достаточны для представления в виде диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 25.00.30 — Метеорология, климатология, агрометеорология. Работа соответствует все критериям ВАК. Представить работу к защите можно на любом профильном диссертационном совете, целесообразнее всего - на диссертационном совете Гидрометцентра РФ.

Спасибо за внимание. Заседание окончено.