

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)**

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР РОСГИДРОМЕТА



**ОЦЕНКА
СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПЕРИОД ДО 2010–2015 гг. И ИХ
ВЛИЯНИЯ НА ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ**

Санкт-Петербург

2017

УДК [551.583+332.142.6](470+570)
ББК 26.237(2Рос)+65.049(2Рос)
О-93

Оценка стратегического прогноза изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Климатический центр Росгидромета. — Санкт-Петербург : Д'АРТ : Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, 2017. — 44 с. : ил.
ISBN 978-5-905264-24-5

I. Российская Федерация. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды II. Климатический центр Росгидромета

Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России (СП–2005) был подготовлен и опубликован Росгидрометом в 2005 г. Основу СП–2005 составляли результаты исследований, выполненных с 1993 по 2005 гг. коллективом научно-исследовательских учреждений Росгидромета.

В настоящей публикации представлены результаты оценки положений сценария СП–2005, касающихся состояния климатической системы. Показано, что наиболее важные положения СП–2005 в отношении основных особенностей современных изменений климата и их воздействий на экономику России подтверждаются имеющимися данными наблюдений (по 2015 г. включительно).

Материалы настоящей публикации могут быть использованы органами государственной власти и другими организациями при планировании мер по развитию отраслей экономики и при подготовке программ устойчивого развития территорий и регионов.

© Главная геофизическая
обсерватория им. А. И. Воейкова

ISBN978-5-905264-24-5

© ООО «Д'АРТ»

ВВЕДЕНИЕ

В 2005 г. Росгидромет выпустил «Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России»¹ (СП-2005). Этот прогноз, основанный на «анализе данных многолетних инструментальных наблюдений за климатом на территории России и обобщении материалов отечественных и зарубежных научных исследований по оценке возможных изменений климата в ближайшей перспективе» был представлен Росгидрометом как «наиболее вероятный прогноз ожидаемого к 2010–2015 гг. состояния климата Российской Федерации и ее регионов».

По сути СП-2005 представляет собой не прогноз в строгом значении этого термина, а сценарий, основанный на (сильном!) допущении сохранения в ближайшем десятилетии наблюдавшихся тенденций изменений климатических характеристик. Фундаментальной проблемой такого допущения является существенное преуменьшение роли собственной изменчивости климатической системы в ее эволюции, в особенности, на коротком (в данном случае – 5–10-летнем) интервале времени, даже в отсутствие значимых естественных воздействий на климатическую систему (например, крупных извержений вулканов).

Роль собственной изменчивости климатической системы наглядно продемонстрировала «приостановка» глобального потепления (известная в англоязычной литературе как “hiatus”). Начало XXI века характеризовалось рекордно высокими значениями средней глобальной температуры воздуха у поверхности Земли, но без существенного тренда в течение полутора десятка лет после 1998 г. Значительное внимание этой «приостановке» было уделено в научной литературе последнего десятилетия, в т. ч. в 5-м Оценочном докладе МГЭИК². 2015-й год, отчасти вследствие сильного в этот год Эль-Ниньо, нарушил эту полуторадесятилетнюю паузу (рис.1).

В этой связи заслуживает упоминания и тот факт, что, согласно Второму оценочному докладу Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации³, «приостановка» роста средней глобальной приземной температуры практически не проявилась на территории нашей страны: *«...в отличие от глобальной ситуации, изменение климата России в целом (в среднем за год и по территории) следует охарактеризовать как продолжающееся потепление, отметив, что*

¹ Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. Росгидромет, Москва, 2005, 28 с. <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/strProgn.pdf>

² IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

³ Катцов В.М., С.М. Семенов (ред.), 2014: Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской, Росгидромет, 1009 с. <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/2016-03-21-16-23-52>

тенденция к замедлению потепления пока по данным наблюдений не прослеживается (по крайней мере, во все сезоны, кроме зимы)» (рис. 2).

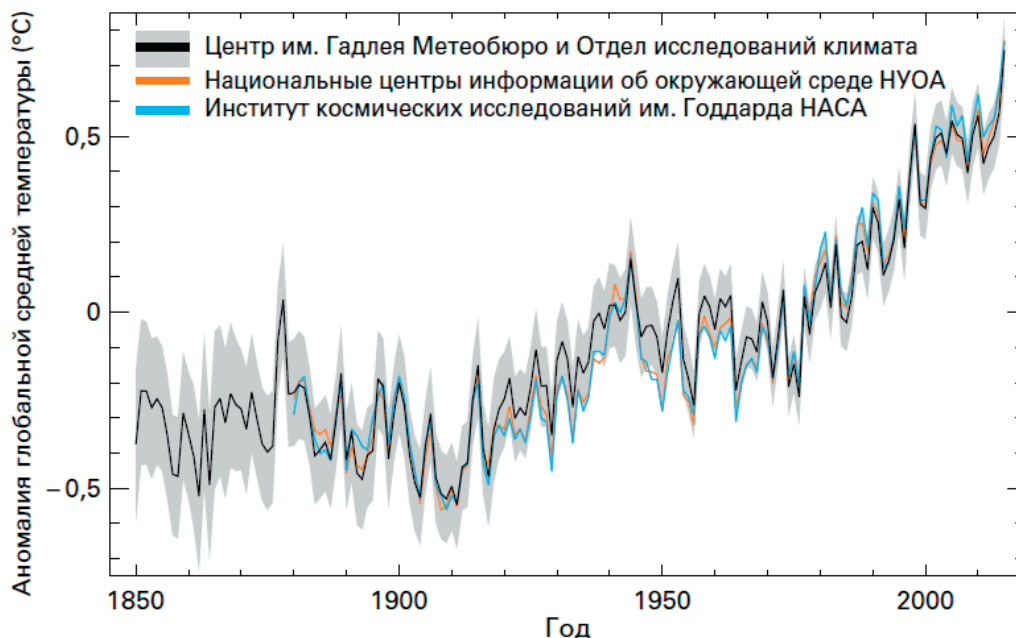


Рис. 1. Годовые аномалии средней глобальной температуры (относительно средней за 1961–1990 гг.) за период 1850–2015 гг.

Чёрная линия и затененная серым цветом зона получены на основе анализа HadCRUT4, проведенного Центром им. Дж. Гадлея Метеобюро совместно с Отделом исследований климата Университета Восточной Англии.

Серое затенение показывает 95-процентный доверительный интервал оценок. Оранжевая линия — это комплект данных NOAA GlobalTemp, подготовленный национальными центрами информации об окружающей среде Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НЦИОС НУОА).

Голубая линия — это комплект данных GISTEMP, подготовленный Институтом космических исследований им. Р. Годдарда при Национальном управлении по авионавигации и исследованию космического пространства (ГИСС НАСА).

(Источник: Центр им. Дж. Гадлея Метеобюро, Соединенное Королевство, и Отдел исследований климата, Университет Восточной Англии, Соединенное Королевство).⁵

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что сценарий изменения климата на территории России, положенный в основу СП-2005, в целом был выбран удачно. Однако этот успешный выбор остается частным случаем, и его нельзя интерпретировать как решение проблемы предсказуемости климатической системы на временных масштабах от года до десятилетия. Проблема прогнозирования климата в т. н. «серой зоне предсказуемости» — между сезоном и десятилетием — оказалась в фокусе

⁵ Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2015 году. Всемирная метеорологическая организация, 2016, ВМО-№ 1167, 24 с. http://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1167_ru.pdf

организованной ВМО Третьей Всемирной климатической конференции (2009 г.)⁶ и остается в числе наиболее активно обсуждаемых фундаментальных проблем современной климатической науки.

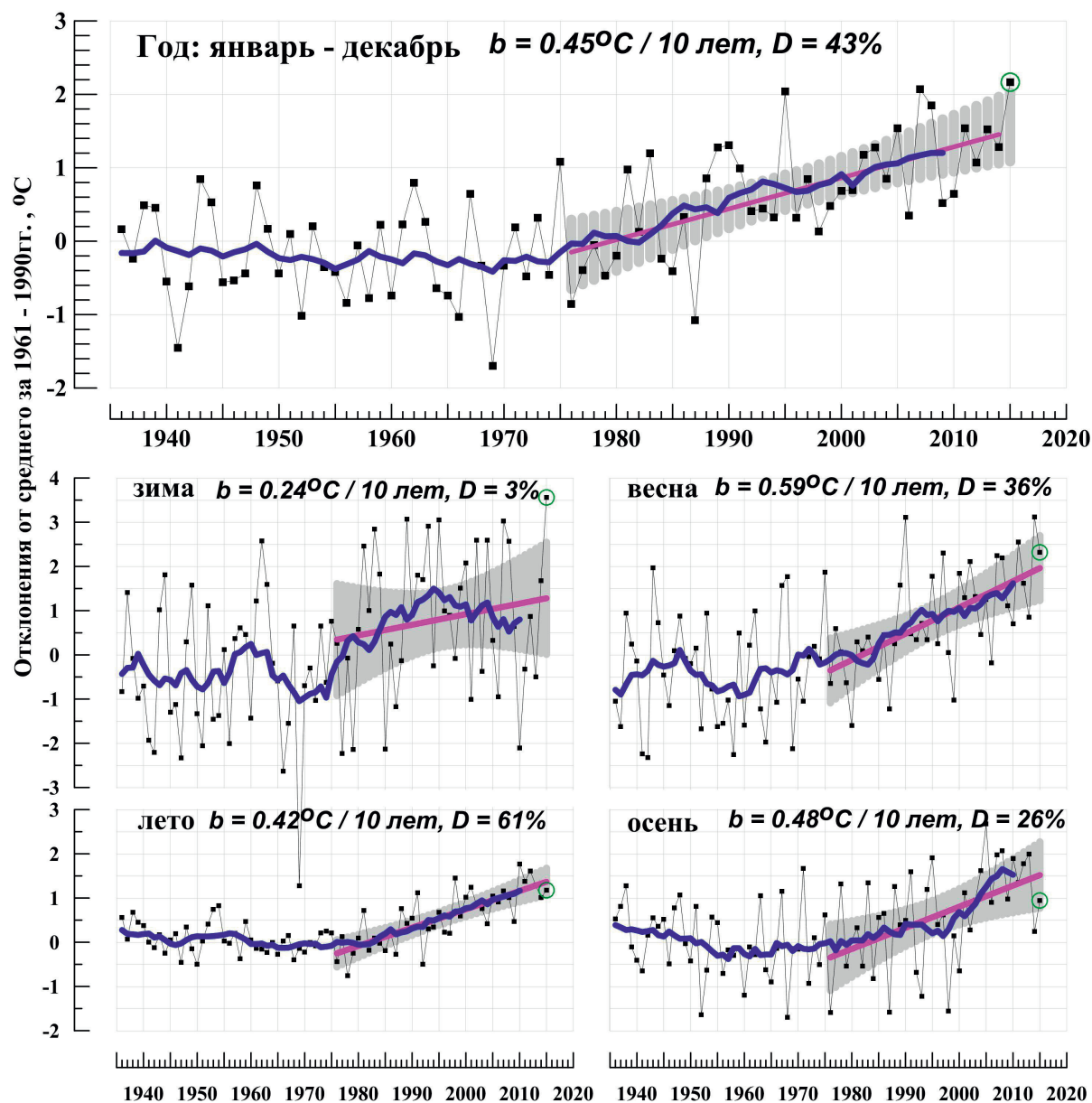


Рис. 2. Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), осредненные по территории России за период 1936–2015 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее (синяя кривая), линейный тренд за 1976–2014 гг. (сиреневая линия) с 95 %-й доверительной полосой (серая область); b — коэффициент тренда ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), D — вклад тренда в суммарную дисперсию (%).⁷

⁶ Murphy, J., V. Kattsov, N. Keenlyside, M. Kimoto, J. Meehl, V. Mehta, H. Pohlmann, A. Scaife, D. Smith, 2009: Towards Prediction of Decadal Climate Variability and Change. White paper for the World Climate Conference 3, Geneva, 31 August – 4 September 2009. Procedia Environmental Sciences 1 (2010), pp. 287–304, doi:10.1016/j.proenv.2010.09.018 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610000198>

В настоящее время, когда период действия СП-2005 завершен, представляет интерес последовательно оценить положения этого сценария — как в части собственно состояния климатической системы, так и с точки зрения разнообразных климатических воздействий, которым в СП-2005 было уделено большое внимание. Следует подчеркнуть, что, в отличие от прогнозов в строгом смысле, оценка положений СП-2005 не предполагает его верификации, подобно той стандартизированной процедуре, которой подвергаются, например, оперативные прогнозы погоды. Представленная ниже оценка носит существенно качественный характер, хотя и основана на сопоставлении некоторых сценарных и фактически наблюдавшихся тенденций — как в эволюции климатической системы, так и в климатических воздействиях на отрасли экономики.

Инициатива проведения настоящей оценки СП-2005 принадлежит советнику Президента Российской Федерации по вопросам изменения климата А. И. Бедрицкому. Реализации этой инициативы способствовал В. Г. Блинов, координировавший подготовку СП-2005 в свою бытность начальником Управления научных программ, международного сотрудничества и информационных ресурсов Росгидромета. Материалы для настоящей оценки подготовлены НИУ Росгидромета: Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО»), Научно-исследовательским институтом Арктики и Антарктики (ФГБУ «ААНИИ»), Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации — Мировым центром данных (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»), Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной метеорологии (ФГБУ «ВНИИСХМ»), Государственным гидрологическим институтом (ФГБУ «ГГИ») — в рамках Целевой научно-технической программы Росгидромета за 2014–2016 гг.

⁷ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. Росгидромет, Москва, 2016, 68 с. <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2016/clim2015.pdf>

ОЦЕНКА ПОЛОЖЕНИЙ СП-2005 В ОТНОШЕНИИ ОЖИДАЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА (ПО СОСТОЯНИЮ НА 2015 г.)

№ п/п	Утверждение СП-2005	Оценка ситуации на 2015 г.
1	Прогноз изменения климата, основанный на результатах экстраполяции, показывает, что фактически наблюдаемый тренд в потеплении на территории России к 2010–2015 гг. сохранится и приведет к росту, по сравнению с 2000 г., среднегодовой температуры приземного воздуха на $0,6 \pm 0,2$ °С. К 2015 г. на большей части территории России ожидается дальнейшее повышение температуры воздуха зимой примерно на 1 °С с определенными вариациями в различных регионах страны. Летом, в целом, ожидаемое потепление будет слабее, чем зимой. В среднем оно составит 0,4 °С.	На интервале 1976–2015 гг. скорость роста осредненной по территории России среднегодовой температуры составила 0,45 °С/10 лет (вклад в общую изменчивость 43 %). Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0,59 °С /10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд лучше всего выделяется летом (0,42 °С /10 лет). Наибольшая скорость роста среднегодовой температуры отмечается на побережье Северного Ледовитого океана, особенно на Азиатской территории России (АТР) (более +0,9 °С/10 лет на Таймыре).
2	Прогнозируется дальнейший рост среднегодового количества осадков преимущественно за счет их увеличения в холодный период. На преобладающей части территории России зимой будет выпадать осадков на 4–6 % больше, чем в настоящее время. Самое существенное увеличение количества осадков зимой ожидается на севере Восточной Сибири (прирост до 7–9 %)	На территории России в целом преобладает тенденция к росту годовых сумм осадков. На интервале 1976–2015 гг. наиболее значительные тренды наблюдаются в регионах Средняя Сибирь (3,6 %/10 лет) и Восточная Сибирь (3,2 %/10 лет). В отдельных областях Сибири и Дальнего Востока скорость роста превышает 5 %/10 лет. В среднем по территории России тренд годовых осадков составляет 2 %/10 лет. Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается весной (5,8 %/10 лет, вклад в дисперсию 31 %): рост осадков происходит всюду, особенно в Восточной Сибири (до 15–20 %/10 лет).
3	Предполагаемые через 5–10 лет изменения накопленной массы снега к началу марта имеют разные по знаку тенденции в разных регионах России. На большей части ЕТР (кроме Республики Коми, Архангельской области и Уральского региона), а также на юге Западной Сибири прогнозируется постепенное уменьшение массы снега по сравнению с многолетними средними значениями, которое к 2015 году составит 10–15 % и продолжится в дальнейшем. На остальной территории России (Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток) ожидается увеличение снегонакоплений на 2–4 %.	На Европейской территории России (ЕТР), за исключением центральных областей, отмечено уменьшение на 15–20 % максимальной высоты снежного покрова. На большей части АТР максимальная высота снежного покрова увеличилась в среднем на 5–20 %, однако в отдельных районах (арктические острова, северо-запад Якутии, север Камчатского края и континентальные районы Магаданской области) также выявлено уменьшение максимальной за зиму высоты снежного покрова.

№ п/п	Утверждение СП-2005	Оценка ситуации на 2015 г.
4	Вследствие ожидаемого изменения режима температуры и осадков к 2015 г. наиболее значительно изменится годовой объем стока рек в Центральном, Приволжском федеральных округах и в юго-западной части Северо-Западного федерального округа — увеличение зимнего стока составит 60–90 %, летнего — 20–50 % по отношению к наблюдаемому в настоящее время⁸. В остальных федеральных округах также ожидается увеличение годового стока, которое будет находиться в пределах от 5 до 40 %. Вместе с тем, в областях Черноземного центра и в южной части Сибирского федерального округа сток рек в весенний период уменьшится на 10–20 %.	В течение последних 15 лет на реках страны происходило увеличение стока в зимний период года. На преобладающей части ЕТР водность рек увеличилась на 50–120 %, а в южной части Западной Сибири — на 40–80 %. Увеличение летне-осеннего стока отмечается также на большей части территории России, причем наиболее отчетливо это проявилось на реках южной части лесной зоны, а также в лесостепной и степной зонах ЕТР (рост на 40–70 %). При этом уменьшение весеннего стока на 10–30 % отмечено на реках бассейна Волги (Дона, Днепра) и в верхней части бассейна Оби.
5	Наблюдается тенденция увеличения числа случаев опасных явлений (ОЯ) и неблагоприятных условий погоды (НУП), которые наносят социальные и экономические потери. Ежегодный прирост количества ОЯ и НУП в соответствии с СП-2005 составляет около 6,3 %. Основная тенденция увеличения числа случаев ОЯ и НУП приходится на теплый период. Ежегодный прирост количества ОЯ и НУП в теплый период в соответствии с СП-2005 составляет 9 явлений в год.	В среднем за год на территории России в 2006–2015 гг. регистрировалось около 394 опасных явлений. В 2007, 2012, 2013 и 2015 гг. было зарегистрировано соответственно 420, 427, 428 и 445 опасных явлений. В то время как в 1991–2005 гг. наблюдалось в среднем 232 ОЯ в год. Более 70 % ОЯ, нанесших социальный и экономический ущерб, приходится на теплый период года (в 2006–2010 гг. — 74 %, в 2011–2015 гг. — 78 %).
6	К 2015 г., в связи с прогнозируемым увеличением максимальных запасов воды в снежном покрове мощность весенних паводков может возрасти на реках Архангельской области, Республики Коми, субъектов Российской Федерации Уральского региона, на реках водосбора Енисея и Лены. В районах с высокими уровнями весеннего и весенне-летнего половодья на территориях предгорий Урала, Алтая, рек юга Западной Сибири в отдельные годы может сформироваться половодье, максимум которого в 5 раз превышает среднемноголетний максимальный расход.	Увеличение стока весеннего половодья в пределах 20 % произошло в большинстве рек ЕТР бассейна Северного Ледовитого океана, в бассейнах Лены, Яны и Индигирки, северной части бассейна Оби и Енисея, а также в бассейне Камы.

№ п/п	Утверждение СП-2005	Оценка ситуации на 2015 г.
7	Ожидается повышение в 2–3 раза частоты паводков, обусловленных сильными дождями, на Дальнем Востоке и в Приморье (Приморский и Хабаровский края, Амурская и Сахалинская области, Еврейская АО). В горных и предгорных районах Северного Кавказа (Республики Северного Кавказа, Ставропольский край), Западных и Восточных Саян в летний период увеличивается опасность дождевых паводков и селевых потоков, развития оползневых процессов.	В регионах, где максимальный сток определяется дождевыми паводками (на Северном Кавказе и на побережье Черного моря, на Дальнем Востоке и в ряде других регионов), в последние годы имели место экстремально сильные паводки, не наблюдавшиеся ранее. Для рек этих регионов характерно также увеличение изменчивости максимальных расходов воды.
8	К 2015 г. увеличение числа дней с пожароопасной обстановкой составит до 5 дней за сезон для большей части территории страны. При этом произойдет увеличение числа дней как с пожароопасной обстановкой высокой интенсивности, так и с пожароопасной обстановкой средней интенсивности. Наибольшее увеличение продолжительности пожароопасной обстановки (более, чем 7 дней за сезон) ожидается на юге Ханты-Мансийского АО, в Курганской, Омской, Новосибирской, Кемеровской и Томской областях, в Красноярском и Алтайском краях, в Республике Саха (Якутия).	На большей части территории страны отмечается увеличение числа дней с пожароопасной обстановкой. В целом картина «пятнистая» и соответствует пространственным особенностям распределения осадков. Но во всех перечисленных регионах АТР наблюдались очаги с увеличением числа дней с пожароопасной обстановкой более, чем на 7 суток за сезон. Увеличение продолжительности пожароопасной обстановки более, чем на 7 суток, кроме указанных в СП-2005 районов, наблюдалось также на севере и в центральных районах ЕТР, а также в Амурской области и на Камчатке.

Дополнительные материалы по оценке положений СП-2005 в отношении ожидаемых изменений климата даны в Приложении (подразделы «Снежный покров», «Водные ресурсы», «Опасные гидрометеорологические явления»).

ОЦЕНКА ПОЛОЖЕНИЙ СП-2005 В ОТНОШЕНИИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЭКОНОМИКУ (ПО СОСТОЯНИЮ НА 2015 Г.)

Энергетика, жилищно-коммунальное хозяйство, здоровье населения

В СП-2005 отмечалось, что предполагаемые к 2015 г. изменения климата окажут как позитивное, так и негативное воздействие на различные сектора энергетической отрасли и жилищно-коммунального хозяйства, а также здоровье населения. Оценка отдельных наиболее важных положений рассматриваемого сценарного прогноза осуществлялась на основе анализа особенностей изменения специализированных климатических показателей на интервале 1980–2015 гг.

Топливо-энергетические ресурсы

Одним из положений СП-2005, характеризующих позитивные последствия изменений климата, является утверждение об ожидаемом сокращении продолжительности отопительного периода и значительной, вследствие этого, экономии топливо-энергетических ресурсов.

Анализ данных наблюдений за 1980–2015 гг. показал следующее. Средняя продолжительность отопительного периода за десятилетие 2006–2015 гг. оказалась меньше, чем за выбранный базовый период конца XX в. (1980–1999 гг.), практически на всей территории России (рис. 3).

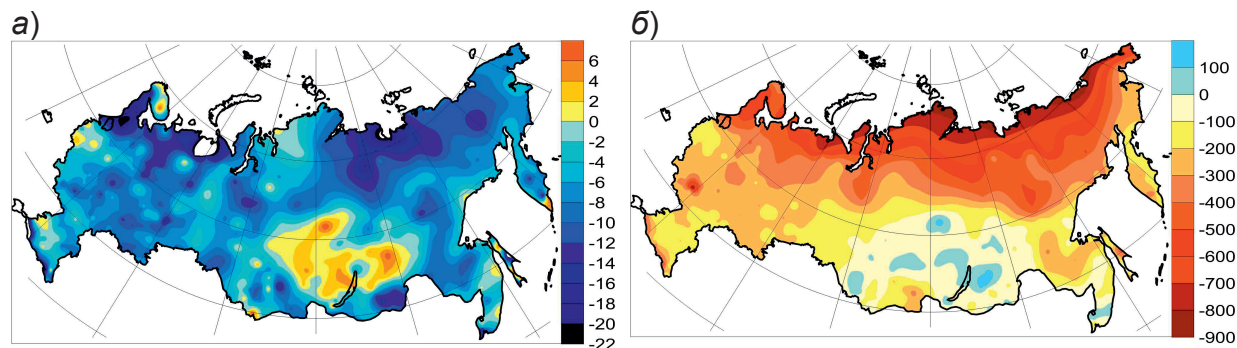


Рис. 3. Изменение средней продолжительности, дни, (а) и дефицита тепла, °С·сут, (б) отопительного периода за 2006–2015 гг. по отношению к средним значениям за базовый период 1980–1999 гг.

На большей части территории сокращение отопительного сезона составило пять дней или более, достигнув в некоторых регионах (на севере ЕТР, а также в отдельных районах на северо-востоке АТР) 20 дней. Лишь в южных районах Средней Сибири и в Забайкалье отмечаются положительные значения рассматриваемых разностей (соответствующие удлинению отопительного сезона), которые сопоставимы с их стандартными погрешностями и не являются статистически значимыми. Оценки разностей средних многолетних значений для периодов 2006–2015 гг. и 1980–1999 гг. согласуются со значениями коэффициентов линейного тренда на интервале 1980–2015 гг.

Таким образом, данные наблюдений по 2015 г. включительно подтверждают утверждение СП-2005 о сокращении продолжительности отопительного периода и потенциальном уменьшении энергопотребления.

Ветровые нагрузки и ветроэнергетический потенциал

В СП-2005 отмечалось ожидаемое изменение (преимущественно уменьшение) ветроэнергетического потенциала и ветровых нагрузок в отдельных регионах.

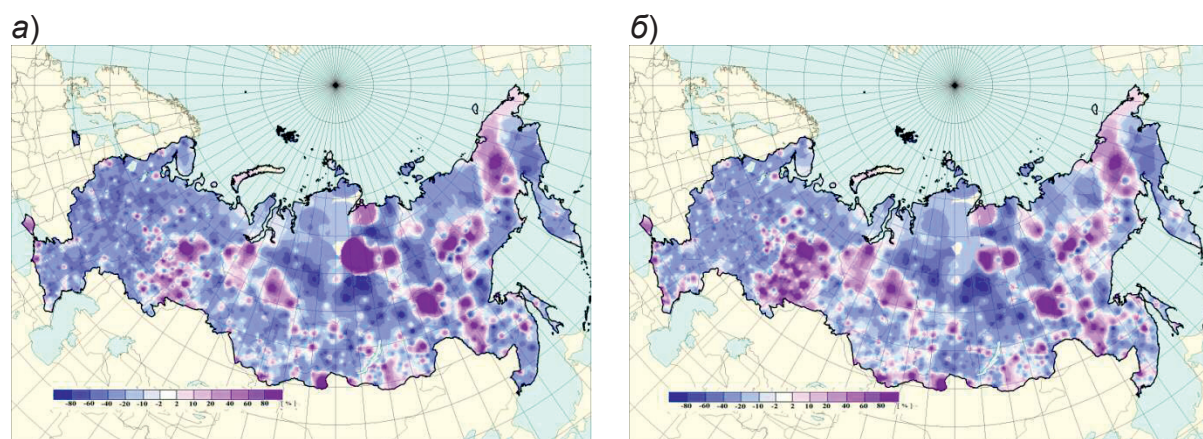


Рис. 4. Изменение (%) среднего куба скорости ветра (а) и числа дней со скоростью ветра более 15 м/с (б) за 2001–2015 гг. по отношению к базовому периоду 1980–1999 гг.

Анализ карт изменений характеристик ветра за 2001–2015 гг. по сравнению с базовым периодом 1980–1999 гг. показывает, что на большей части территории России отмечается снижение средней скорости ветра. При этом довольно значительно уменьшается средняя мощность ветрового потока, пропорциональная среднему кубу скорости ветра (рис. 4).

Вместе с тем, на фоне уменьшения средней скорости ветра в ряде районов отмечается увеличение числа дней с сильным ветром, что может привести к изменению воздействий ветра на сооружения. Для более детальной оценки изменений характеристик ветровых нагрузок необходим региональный анализ распределений скоростей ветра и их трансформаций.

Гидроэнергетика

Изменения климата привели к региональным изменениям сезонного стока рек, отразившимся на притоке воды к крупным водохранилищам и функционировании объектов гидроэнергетики. В СП-2005 отмечалось ожидаемое увеличение притока к водохранилищам Волжско-Камского каскада на 10–20 %, Северо-Западного федерального округа на 5–10 %, Ангаро-Енисейского на 0–15 %, а также к водохранилищам на реках Вилюй, Колыма, Зея. Вместе с тем, ожидалось уменьшение притока от 5 до 15 % к Цимлянскому, Краснодарскому и Новосибирскому водохранилищам. В табл. 1 приведены сравнение прогнозных данных о годовом притоке с фактическими за период 2001–2014 гг. и оценка СП-2005.

Таблица 1. Оценка СП-2005 в отношении изменения среднего годового притока воды к крупнейшим водохранилищам и каскадам водохранилищ ГЭС на период 2001–2015 гг. (% от его значения за базовый период 1946–1979 гг.)

Водохранилища, каскады	Изменения на период 2001–2015 гг., согласно СП-2005	Фактическое изменение за период 2001–2014 гг.	Оценка СП-2005
Верхне-Свирское вдхр.	+ (5–10)	+ 11	Оправдался
Волховское вдхр.	+ (5–10)	+14	Оправдался
Волжско-Камский каскад	+ (10–20)	+ 4	Оправдался
Енисейский каскад	+ (0–15)	+ 8	Оправдался
Ангарский каскад	+ (0–10)	0	Оправдался
Цимлянское вдхр.	-(5–15)	–9	Оправдался
Краснодарское вдхр.	-(5–15)	+ 27	Не оправдался
Новосибирское вдхр.	-(5–15)	–5	Оправдался
Вилуйское вдхр.	+ (0–15)	+ 17	Оправдался
Колымское вдхр.	+ (0–15)	+ 28	Оправдался
Зейское вдхр.	+ (0–15)	+ 3	Оправдался

Увеличение поверхностного притока в крупнейшие водохранилища Северо-Западного региона, Енисея и Цимлянское в период 2001–2014 гг. хорошо согласуется с прогнозом. Среднегодовой приток в большинство водохранилищ Волжско-Камского каскада увеличился от 1 до 18 %. Наиболее значительно вырос приток к Ивановскому и Угличскому (на 18 %), Чебоксарскому (на 15 %) и Воткинскому (на 10 %) водохранилищам. Исключение составляет водохранилище Волгоградской ГЭС, приток к которому сократился примерно в 3 раза. В целом суммарный приток в водохранилища Волжско-Камского каскада за последние годы составил 268 км³, что на 6 % выше, чем за период 1946–1979 гг. Суммарный приток в водохранилища Ангарского каскада за рассматриваемый период составляет 104 км³ и практически равен среднему значению за предшествующий период с 1946 по 1979 гг. (106 км³). Вместе с тем, приток в водохранилище Иркутской ГЭС (включая оз. Байкал) снизился на 5 %. Наиболее неудачным оказался прогноз для притока к Краснодарскому водохранилищу, который увеличился на 27 %, в то время как предполагалось его уменьшение на 5–15 %. Годовой приток воды в водохранилище Новосибирской ГЭС за период с 2001 по 2014 гг. составляет 1700 м³/с и сократился по отношению к предшествующему многолетнему периоду с 1946 по 1979 гг. (1780 м³/с) на 5 %.

Таким образом, прогнозы притока к крупным водохранилищам России (за исключением Краснодарского) оправдались по знаку, а в ряде случаев и количественно.

Трубопроводный транспорт

Усиление годового и сезонного стока многих рек, а также изменение их ледового режима, подтверждаемые данными наблюдений, увеличивают вероятности аварийных повреждений подводных переходов трубопроводов, как и предсказывалось в СП-2005. Фактором повышенного риска для трубопроводного транспорта является увеличение глубины сезонного протаивания в районах с многолетнемерзлыми грунтами, также подтверждаемое данными наблюдений.

Сохранность и эксплуатация зданий и сооружений

Долговечность зданий и сооружений во многом зависит от числа переходов температуры воздуха через нулевой уровень. Увеличение числа таких переходов в холодный период года приводит к сокращению периода доремонтной эксплуатации зданий.

Анализ отклонений среднего числа внутрисуточных переходов температуры воздуха через 0°C в период 2006–2015 гг. от соответствующих базовых значений (по данным за 1980–1999 гг.) обнаруживает значительное увеличение рассматриваемого показателя на ЕТР (рис. 5) и южных районах АТР — севернее 50°с.ш.

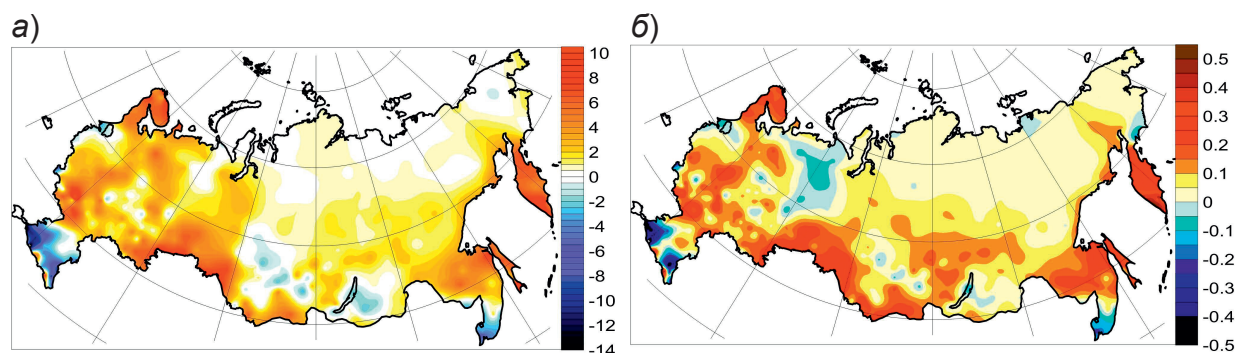


Рис. 5. Изменение числа дней с внутрисуточным переходом температуры воздуха через 0°C на интервале 1980–2015 гг.:

а) изменения средних значений (дни) за 2006–2015 гг. по отношению к средним значениям за базовый период 1980–1999 гг.;

б) коэффициент линейного тренда на интервале 1980–2015 гг.

Вместе с тем, на юге Приморья и на Кавказе продолжающееся потепление привело к уменьшению числа переходов через 0°C (вследствие сокращения периода с отрицательными температурами в ноябре-марте).

Таким образом, данные наблюдений по 2015 гг. включительно подтверждают тезис СП-2005 об увеличении повторяемости оттепелей и заморозков в холодный период года.

Комфортность проживания и здоровье населения

В СП-2005 в качестве одного из положительных последствий изменения климата на территории России называлось смещение к северу южной границы зоны Крайнего Севера и других зон дискомфорта проживания населения, связанных с экстремально низкими температурами воздуха в холодный период года. Это положение подтверждается фактическим изменением ряда показателей термического режима, в частности, уменьшением дефицита тепла (градусо-суток) отопительного периода (рис. 3б).

В СП-2005 обращалось также особое внимание на уменьшение комфортности проживания и повышенные риски для здоровья населения, связанные с увеличением вероятности экстремально продолжительных периодов с критическими значениями температуры воздуха. Это утверждение согласуется с данными наблюдений.

Увеличение продолжительности периодов с жаркой погодой на интервале 2006–2015 гг. по отношению к базовому периоду имеет место на большей части территории России (рис. 6). При этом на ЕТР, в Забайкалье, Приамурье и Приморье рост числа дней с температурой воздуха выше $+25^{\circ}\text{C}$ был значительным (10–15 дней), а в отдельных районах — даже более 20 дней. На большей части АТР такое увеличение составляет около 2 дней. В отдельных районах Западной и Центральной Сибири зарегистрированы локальные уменьшения числа жарких дней, при этом величина уменьшения сопоставима со средней квадратической ошибкой соответствующих разностей.

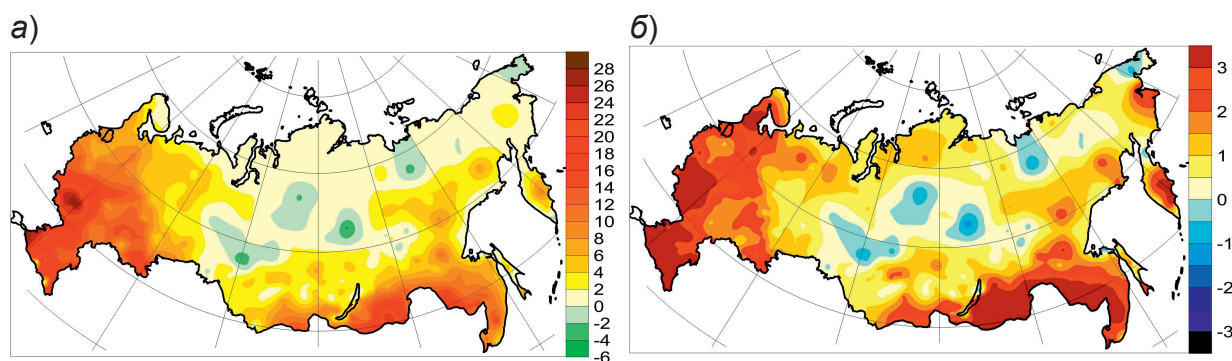


Рис. 6. Изменение числа дней с максимальной температурой воздуха выше $+25^{\circ}\text{C}$ на интервале 1980–2015 гг.:

а) изменения средних значений (дни) за 2006–2015 гг. по отношению к средним значениям за базовый период 1980–1999 гг.;

б) нормализованные изменения средних значений за 2006–2015 гг. по отношению к базовым значениям⁹.

Таким образом, данные наблюдений по 2015 г. включительно подтверждают предположения СП-2005 о региональных изменениях комфортности проживания населения и увеличении продолжительности периодов с жаркой погодой (волн тепла).

⁹ Нормировка изменений осуществлялась на среднее квадратическое отклонение разностей средних многолетних значений, оцениваемое с учетом различий в объеме выборок.

Водообеспеченность и нагрузки на водные ресурсы

В соответствии с СП-2005, в целом по России к 2010–2015 гг. ожидалось увеличение возобновляемых водных ресурсов на 8–10 % и повышение водообеспеченности на одного жителя на 12–14 %. Современные данные по водообеспеченности указывают на ее увеличение к 2015 г. до 10 %. Во всех федеральных округах водообеспеченность увеличилась. Исключение составляют лишь Центральный федеральный округ, в котором она снизилась на 3 %, и Южный федеральный округ вместе с Северо-Кавказским федеральным округом, где величина водообеспеченности осталась без изменений. Нагрузка на водные ресурсы (или коэффициент их использования) в целом по всем федеральным округам снизилась очень незначительно.

Как следует из СП-2005, увеличение потенциальной водообеспеченности ожидалось на большей части территории России, что обусловлено двумя главными факторами — увеличением водных ресурсов и уменьшением численности населения. Это утверждение оказалось верным для всех российских субъектов Севера и Северо-Запада ЕТР, Поволжья, Нечерноземного Центра, Урала, Дальнего Востока и большей части Сибири. В субъектах, входивших в категорию с низкой водообеспеченностью (менее 5 тыс. м³/год), для которых прогнозировалось ее еще большее сокращение, она осталась на прежнем уровне или незначительно увеличилась. Таким образом, можно констатировать, что, с одной стороны, прогнозируемая тенденция в этих субъектах не оправдалась, но с другой — прогнозные значения водообеспеченности в них (2–4 тыс. м³/год) соответствуют современным фактическим данным.

Изменение уровня Каспийского моря

Уровень Каспийского моря находится в сильной зависимости от питающих его рек, атмосферных осадков и испарения, подверженных изменениям в условиях меняющегося климата. Имевшая место в начале XXI в. (2001–2005 гг.) слабая тенденция к повышению уровня, согласно СП-2005, должна была смениться его понижением в последующие 10–12 лет, что подтвердилось данными наблюдений. При этом темпы снижения уровня моря оказались выше ожидаемых (около 4 см/год). В СП-2005 предполагалось, что к 2016 г. уровень моря может понизиться в среднем на 50 см, достигнув абсолютной отметки –27,5 м Балтийской системы высот (БС). По данным наблюдений, в 2015 г. снижение среднегодового уровня Каспийского моря составило 9 см (–27,91 м БС).

Сельскохозяйственное производство

Выполненные расчеты по оценке положений СП-2005 показывают, что инерционный прогноз изменений важнейших климатических параметров и продуктивности сельскохозяйственных культур по федеральным округам можно

считать в целом оправдавшимся (подробный анализ положений СП-2005 приведен в Приложении).

№ п/п	Утверждение СП-2005	Оценка ситуации на 2015 г.	Выводы
1	Положительные последствия изменений климата для сельского хозяйства России связаны, главным образом, с ожидаемым потеплением. Рост продуктивности сельскохозяйственных культур может быть обеспечен за счет расширения посевов более теплолюбивых и, соответственно, более урожайных сельскохозяйственных культур. Могут быть расширены посевы пожнивных (вторых) сельскохозяйственных культур. Граница возделывания теплолюбивых культур (кукурузы, подсолнечника и др.) продвинется к северу.	Оценка скорости изменения (тренда) температуры воздуха за 2001–2015 гг. показывает, что процесс потепления климата продолжается на территории сельскохозяйственных регионов России, за исключением Сибирского ФО. Теплообеспеченность сельскохозяйственных культур за этот период (суммы температур воздуха за период с температурой выше 5 и 10 °С) на ЕТР выросла на 150–300 °С по сравнению с 1961–1990 гг. Продолжительность вегетационного периода увеличилась на 10–15 суток. Граница возделывания кукурузы и подсолнечника сместилась к северу.	Вывод о росте теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, росте продолжительности вегетационного периода, а также о расширении посевов теплолюбивых сельскохозяйственных культур оправдывается.
2	Важнейшей негативной особенностью ожидаемых изменений климата является рост засушливости (аридности) климата, а также наблюдаемая тенденция увеличения повторяемости опасных гидрометеорологических явлений, прежде всего засух. Повторяемость засух в основных зернопроизводящих регионах России к 2015 г. может возрасти в 1,5–2 раза.	Расчет трендов показателей увлажнения Г.Т. Селянинова и индекса сухости М.И. Будыко за период с 2001 по 2015 гг. подтверждает заключение о росте аридности климата, связанном с глобальным потеплением на территории земледельческой зоны ЕТР и Урала. Исключение составляют регионы Сибири и Дальнего Востока, где наблюдается тенденция к росту увлажненности в вегетационный период. Преимущественно отрицательные тренды осадков за летний и осенний периоды на территории земледельческой зоны России также являются свидетельством увеличения степени засушливости территории. Наблюдаемая повторяемость такого опасного явления, как атмосферная засуха, повыси-	Прогноз роста степени засушливости значительной части территории земледельческой зоны России в целом можно считать оправдавшимся.

№ п/п	Утверждение СП-2005	Оценка ситуации на 2015 г.	Выводы
		лась в 1,2 раза за период с 2001 по 2014 гг. по сравнению с периодом с 1981 по 2000 гг. Увеличивается риск крупного недобора урожая яровой пшеницы в основных регионах ее возделывания.	
3	К 2010–2015 гг. в связи с более благоприятным температурным режимом ожидается рост урожайности кормовых и зерновых культур в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском регионах и на Дальнем Востоке. Из-за развития засушливости на Северном Кавказе, в Поволжье, на Урале, на территории Центрально-Черноземного региона, на юге Западной Сибири и в Алтайском крае при сохранении существующих технологий сельскохозяйственного производства, вероятно снижение урожайности кормовых и зерновых культур. Падение урожайности на величину до 22 % для зерновых культур может произойти на Северном Кавказе. В Поволжье, на Урале, на юге Западной Сибири и Центрально-Черноземном регионе возможно снижение урожайности на 13, 14, 12 и 7 % от существующего уровня соответственно.	Прогнозируемая тенденция улучшения агрометеорологических условий возделывания сельскохозяйственных культур для большинства регионов России в целом подтверждается, о чем свидетельствуют положительные тренды урожайности зерновых культур для всех ФО России. Максимальные темпы роста урожайности наблюдались в Южном, Северо-Западном и Центральном ФО (6,5–8,0 ц/га за 10 лет), что соответствует выводу СП-2005 о необходимости проведения эффективных адаптационных мер в зоне усиления засушливых явлений, с одной стороны, и развития сельского хозяйства в регионах с устойчивым увлажнением, с другой стороны.	Положение СП-2005 об улучшении агрометеорологических условий сельскохозяйственного производства, ожидаемом росте урожайности зерновых культур в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском регионах и на Дальнем Востоке подтверждается фактическими данными Росстата по урожайности основных зерновых культур за 2001–2015 гг. Прогноз снижения уровня урожайности зерновых культур в Приволжском, Центральном, Северо-Кавказском и Южном ФО не оправдался. Средний уровень урожайности зерновых культур в этих регионах в 1995–2014 гг. выше соответствующего уровня урожайности за период 1976–1994 гг. на 1,2–2,6 ц/га.

№ п/п	Утверждение СП-2005	Оценка ситуации на 2015 г.	Выводы
4	Одним из важнейших следствий потепления климата является значительное уменьшение повторяемости зим с опасной для озимых зерновых культур минимальной температурой воздуха.	Положение СП-2005 об ожидаемом значительном улучшении условий перезимовки озимых культур в связи с ростом минимальных температур воздуха нельзя считать полностью оправдавшимся. На фоне роста температуры самого холодного месяца года (января) за весь период современного потепления с 1976 по 2015 гг. наблюдались отрицательные тренды средней температуры января за период с 2001 по 2015 гг., которые были значимы в Приволжском, Центральном и Уральском ФО. Тем не менее, за период с 1995 по 2014 гг. отмечен рост посевных площадей под озимой пшеницей в 1,1–2,3 раза в основных регионах ее возделывания по сравнению с 1976–2004 гг.	Вывод об ожидаемом улучшении условий перезимовки озимых культур из-за роста температуры воздуха в холодный период года оправдался не полностью из-за проявившейся в 2001–2015 гг. тенденции к снижению температуры воздуха в холодный период года.

Таким образом, основные рекомендации по адаптации сельского хозяйства к изменениям климата, представленные в СП-2005, остаются актуальными, хотя и нуждаются в уточнении и дальнейшей детализации по регионам России.

Судоходство по Северному морскому пути, работы на шельфе, экономика северных территорий

Все положения СП-2005, относящиеся к ледовым условиям на трассе Северного морского пути (СМП), оправдались (детальный анализ – см. Приложение). Ледовые условия в целом на СМП стали более благоприятными для судоходства. Однако на ряде участков трассы СМП в проливах и на подходах к ним складывались сложные ледовые условия, затрудняющие самостоятельное плавание судов. Продолжительность периода сквозного безледокольного плавания по СМП в среднем составила 5 декад.

Ветро-волновые условия в арктических морях на шельфе оказались менее суровыми, чем предполагалось, вследствие смещения траекторий циклонов на север от арктического побережья.

По данным за последние годы увеличилось число айсбергов в морях Баренцевом, Карском и Лаптевых вблизи выводных ледников на островах

архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля.

В целом изменения гидрометеорологической обстановки на трассе СМП и на шельфе в 2011–2015 гг. не привели к ухудшению условий для судоходства и деятельности на шельфе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее важные положения СП-2005 в отношении основных особенностей современных изменений климата и их воздействий на экономику подтверждаются имеющимися данными наблюдений (по 2015 г. включительно). В частности, подтверждается:

- сохранение выраженной тенденции к потеплению, проявляющейся в росте как среднегодовой, так и средних за сезон значений температуры воздуха, осредненных по территории России; наибольшее увеличение среднегодовой температуры – на севере страны;
- рост среднегодового количества осадков, преимущественно вследствие его увеличения в холодный период; наиболее значительное увеличение количества осадков – в отдельных регионах Сибири;
- увеличение стока рек в зимний период, а также в целом водных ресурсов страны при снижении водных ресурсов в южных районах ЕТР и Западной Сибири;
- увеличение стока весеннего половодья на большинстве рек бассейна Северного Ледовитого океана;
- рост числа опасных явлений (в среднем по территории России за 2006–2015 гг. по сравнению с периодом 1991–2005 гг.); увеличение опасности дождевых паводков.
- понижение уровня Каспийского моря;
- улучшение условий сельскохозяйственного производства (увеличение продолжительности вегетационного периода, рост теплообеспеченности и урожайности сельскохозяйственных культур) на большей части территории;
- увеличение потенциальной водообеспеченности на большей части территории России;
- уменьшение энергопотребления населением в зимний период за счет сокращения продолжительности отопительного периода;
- ухудшение условий эксплуатации зданий и сооружений в холодный период года (рост числа переходов температуры воздуха через 0 °С);
- уменьшение комфортности проживания населения в летний период (рост продолжительности волн тепла);
- облегчение ледовых условий в целом на СМП (увеличение продолжительности сквозного безледокольного плавания) при

сохранении сложных условий на отдельных участках трассы, в проливах и на подходах к ним.

Большинство положений СП-2005 получили в дальнейшем подтверждение и развитие в научной литературе, в том числе, в оценочных докладах Росгидромета (2008¹⁰ и 2014¹¹ гг.), научное обоснование выводов которых усиливалось. Первый из этих докладов, по сути, обеспечил научную основу для Климатической доктрины Российской Федерации¹², утвержденной Президентом Российской Федерации 17 декабря 2009 г., — политической декларации, задавшей вектор развития нормативно-правовых, экономических и иных инструментов, призванных обеспечить защищенность государства, экономики и общества от неблагоприятных последствий изменения климата и создать предпосылки для эффективного использования потенциала благоприятных последствий изменения климата.

За истекшее десятилетие наука о климате продемонстрировала значительный прогресс. Сегодня существуют более совершенные, чем в 2005 г., инструменты для перспективных оценок будущих изменений климата. Современные вычислительные ресурсы позволяют проводить массовые ансамблевые сценарные расчеты для всей территории России с высокоразрешающими региональными климатическими моделями¹³. Становится достижимым получение статистически обеспеченных оценок изменения экстремальности климата.

В то же время, еще требуются существенные усилия в части интерпретации климатических данных — как наблюдений, так и результатов моделирования — для использования их в количественных оценках климатических воздействий. Развитие возможностей практического применения этих данных при формулировании и реализации региональных и отраслевых стратегий адаптации к текущим и ожидаемым изменениям климата относится к числу приоритетов современной климатической науки. Очевидно, эта работа должна выполняться совместно производителями климатической информации и ее потребителями.

Обновленный международный контекст для проблемы изменения климата сегодня создает достигнутое в декабре 2015 г. Парижское соглашение РКИК¹⁴. Первоначально доминировавшая в международном переговорном процессе тема смягчения антропогенного воздействия на климатическую систему (прежде всего, путем сокращения выбросов в атмосферу антропогенных парниковых газов) все больше места оставляет теме адаптации

¹⁰ <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/2016-03-22-13-06-34>

¹¹ <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/2016-03-21-16-23-52>

¹² <http://kremlin.ru/events/president/news/6365>

¹³ Катцов В.М. и др., 2016: Развитие технологии вероятностного прогнозирования регионального климата на территории России и построение на ее основе сценарных прогнозов изменения климатических воздействий на секторы экономики. Часть 1: Постановка задачи и численные эксперименты. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, вып. 583, с. 7-29.

¹⁴ http://cc.voeikovmgo.ru/images/sobytiya/2015/12/Paris_Agreement_I09r_RUS.pdf

к неизбежным изменениям климата. Парижское соглашение, в частности, отмечает, что *«Стороны настоящим учреждают глобальную цель по адаптации, заключающуюся в укреплении адаптационных возможностей, повышении сопротивляемости и снижении уязвимости к изменениям климата...»* (ст.7(1)), а также *«Каждая Сторона должна также в надлежащих случаях представлять информацию в отношении воздействий изменения климата и адаптации согласно статье 7»* (ст.13(8)).

Важнейшей составляющей научного обоснования рекомендаций по адаптации становятся экономические оценки. Экономическая составляющая СП-2005 получила впоследствии развитие в публикациях Росгидромета, в том числе — в «Оценке макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу» (2011 г.)¹⁵.

Проведенный анализ положений СП-2005 еще раз убеждает в безусловной необходимости поддержания устойчивого функционирования Государственной наблюдательной сети (ГНС). В рассматриваемом контексте — уменьшение плотности ГНС означает увеличение неопределенности оценок климатических параметров, используемых для принятия климато-обусловленных решений, в том числе — при разработке и мониторинге эффективности отраслевых и региональных стратегий адаптации к текущим и ожидаемым изменениям климата, а, значит, в конечном итоге, — ослабление адаптации.

Таким образом, по прошествии десятилетия после опубликования СП-2005 можно утверждать, «стратегический прогноз» Росгидромета оказался в целом удачной и, главное, своевременной попыткой описать последующее десятилетие, с точки зрения ожидаемых изменений климата и соответствующих воздействий на экономику России.

¹⁵

<http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2015/Mokryk.pdf>

Дополнительные материалы по оценке положений СП-2005

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Оценка характеристик снежного покрова проведена по данным 1346 метеорологических станций России.

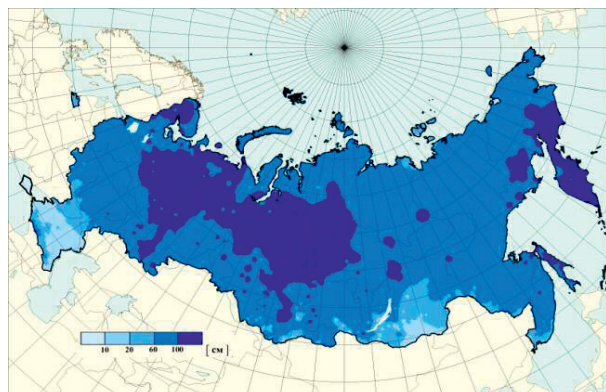
Прогнозировалось:

«Предполагаемые через 5–10 лет изменения накопленной массы снега к началу марта имеют разные по знаку тенденции в разных регионах России. На большей части ЕТР (кроме Республики Коми, Архангельской области и Уральского региона), а также на юге Западной Сибири прогнозируется постепенное уменьшение массы снега по сравнению с многолетними средними значениями, которое к 2015 году составит 10–15 % и продолжится в дальнейшем. На остальной территории России (Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток) ожидается увеличение снегонакоплений на 2–4 %».

Фактические данные:

Сравнение средних значений за период 2001–2015 гг. максимальной за зиму и в марте высоты снежного покрова со значениями базового периода (рис. П1) показало, что на ЕТР, за исключением центральных областей, отмечено уменьшение на 15–20 % максимальной высоты снежного покрова. На большей части АТР максимальная высота снежного покрова увеличилась в среднем на 5–20 %, однако в отдельных районах (арктические острова, северо-западная часть Якутии, север Камчатки и континентальные районы Магаданской области) также выявлено уменьшение максимальной за зиму высоты снежного покрова.

а)



б)

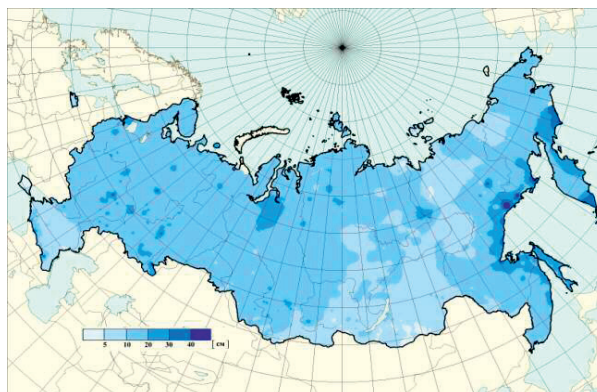


Рис. П1. Средняя за период 2001–2015 гг. максимальная высота снежного покрова в марте (а), среднеквадратическое отклонение за период 1981–2015 гг. (б).

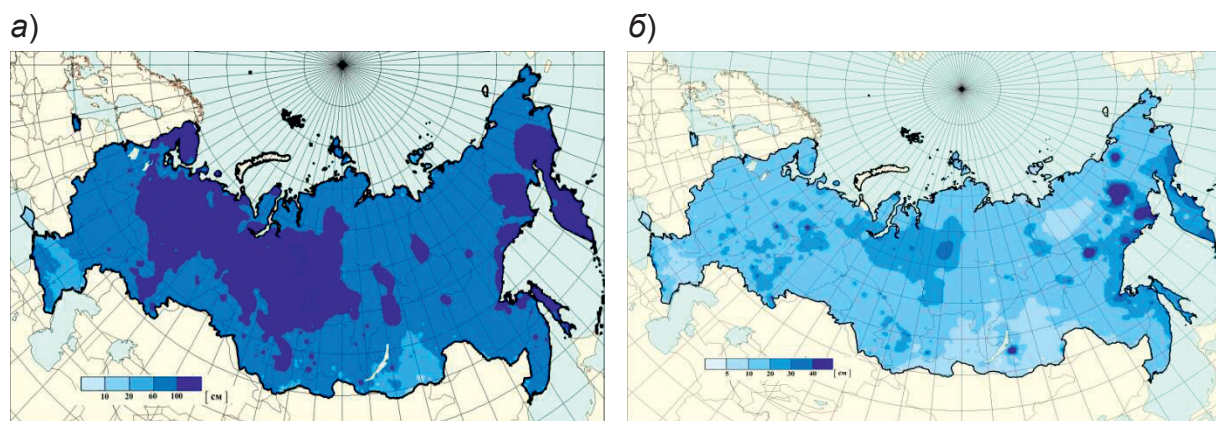


Рис. П2. Средняя за период 2001–2015 гг. максимальная за год высота снежного покрова (а), среднеквадратическое отклонение за период 1981–2015 гг. (б).

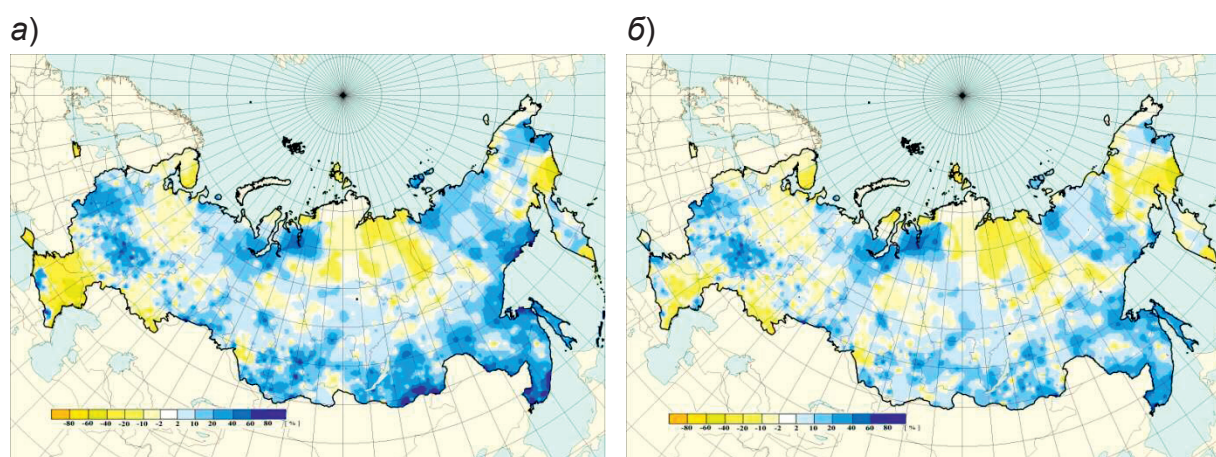


Рис. П3. Изменение (%) средней за период 2001–2015 гг. максимальной высоты снежного покрова относительно средней для базового периода (1980–1999 гг.) в марте (а), за год (б).

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Прогнозировалось:

В целом для территории России, ожидалось увеличение возобновляемых водных ресурсов на 8–10 %. При этом предполагалось, что увеличение произойдет на большей части России — на Севере и Северо-Западе ЕТР, в Поволжье, в Нечерноземном Центре, на Урале, на большей части Сибири и Дальнего Востока, т.е. в регионах, где формируются 95 % водных ресурсов страны.

Вместе с тем, в ряде густонаселенных регионов — на территориях Черноземного Центра, Южного и Юго-Западной части Сибирского федеральных округов, которые и в современных условиях имеют довольно ограниченные водные ресурсы, предполагалось уменьшение годового стока рек от 5 до 20 %. Таким образом, ожидалось, что главная негативная особенность российских

водных ресурсов — их крайне неравномерное распределение по территории, не согласующееся с потребностями в них, в перспективе еще более усугубится, и в целом ряде южных регионов проблема водообеспечения станет особенно острой, что потребует проведения комплекса необходимых мер по их решению.

Фактические данные:

На рис. П4 показаны изменения водных ресурсов в целом по России за период 1936–2014 гг. Выполненные расчеты показали, что водные ресурсы России в среднем за период 2001–2014 гг. составили 4492 км³/год, что на 5 % больше, чем в 1946–1979 гг. В значительной степени это было обусловлено повышенным стоком рек бассейна Северного Ледовитого океана (рис. П5). Так, годовой сток Енисея увеличился на 9 %, Лены — на 12 %, Колымы — на 23 %. На ЕТР наиболее значительный рост водных ресурсов произошел в бассейне верхней Волги (10–18 %), Оки (16 %), Нарвы (19 %). Таким образом, прогноз увеличения водных ресурсов страны полностью оправдался.

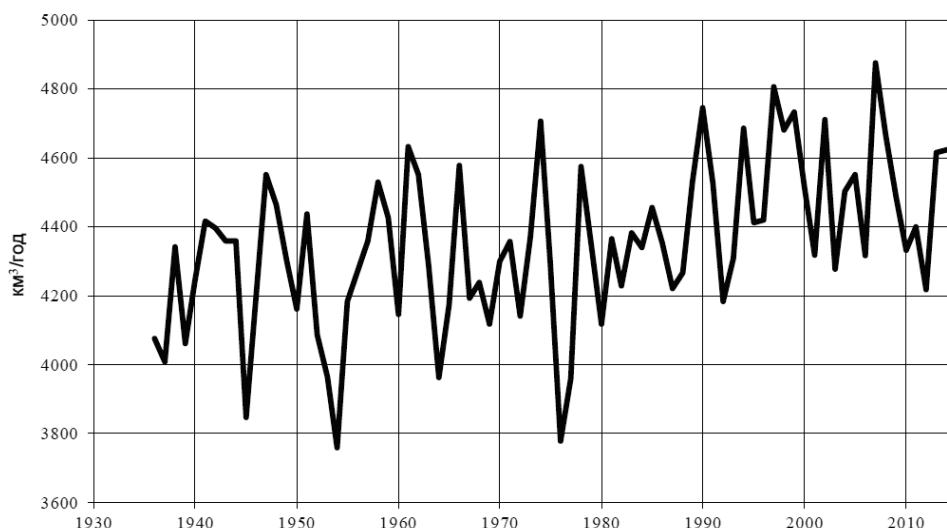


Рис. П4. Изменения водных ресурсов на территории Российской Федерации за период 1936–2014 гг. (по данным ФГБУ «ГГИ»).

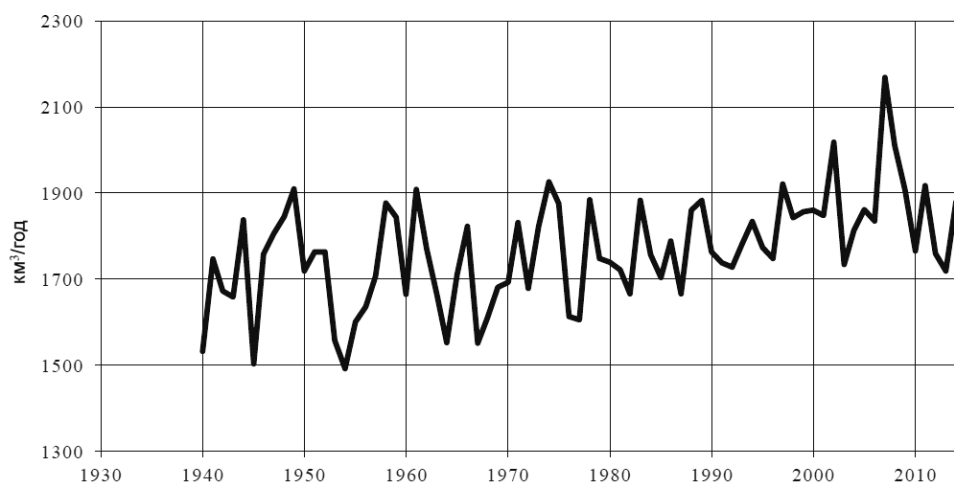


Рис. П5. Суммарный сток крупнейших рек бассейна Северного Ледовитого океана: Печоры, Северной Двины, Оби, Енисея, Лены, Колымы (по данным ФГБУ «ГГИ»).

В целом, также оправдался прогноз снижения водных ресурсов в южных районах ЕТР и Западной Сибири. Анализ фактических данных свидетельствует, что за 2001–2014 гг. водные ресурсы р. Дон уменьшились на 14 %, р. Обь до створа Новосибирской ГЭС — на 7 %, р. Иртыш до створа у г. Омск — на 10 %. В то же время ожидаемого уменьшения водных ресурсов в Краснодарском крае (бассейн р. Кубань) не произошло. Здесь водные ресурсы за рассматриваемый период возросли по сравнению с «базовым» периодом на 5 %, несмотря на их интенсивное хозяйственное использование, в том числе, и на переброску стока по Ставропольскому и Невинномысскому каналам за пределы бассейна.

Потепление климата оказывает особенно большое влияние на сезонный сток рек, происходящий практически на всей территории России, в СП-2005 прогнозировалось его усиление в перспективе. Ожидалось, что возрастет зимний сток рек. Предполагалось, что в Центральном, Приволжском федеральных округах и на юго-западе Северо-Западного ФО увеличение зимнего стока составит 60–90 %, летнего — 20–50 %; в остальных федеральных округах увеличение зимнего и летнего стока будет находиться в пределах от 5 до 40 %.

Относительно стока весеннего половодья прогнозировалось его снижение на 10–20 % в областях Черноземного Центра и в южной части Сибирского федерального округа, и незначительное увеличение (до 10 %) в ряде северных регионов страны.

Анализ данных наблюдений за стоком более чем трехсот рек полностью подтвердил достоверность выполненных прогнозов сезонного стока. В течение последних 15 лет на реках страны происходило увеличение стока в зимний период. На большинстве рек ЕТР водность увеличилась на 50–120 %, а в южной части Западной Сибири на 40–80 %. Здесь выявлены значимые положительные тренды зимнего стока, при этом значительно увеличилась его изменчивость. Столь значительное повышение стока, наблюдающееся в течение нескольких десятилетий, свидетельствует о том, что условия его формирования существенно изменились. В результате сток рек в течение зимнего периода возрастает, а запасы воды в снежном покрове к началу весны уменьшаются, что создает условия для снижения стока весеннего половодья. Так, на реках бассейна Волги (за исключением северной и северо-восточной его частей), Дона, Днепра и верхней части бассейна Оби в последние десятилетия весенний сток уменьшился на 10–30 %. Увеличение половодного стока в пределах 20 % произошло в бассейне Камы, на большинстве рек ЕТР бассейна Северного Ледовитого океана, в бассейнах Лены, Яны и Индигирки, северной части бассейна Оби и Енисея.

Увеличение летне-осеннего стока отмечается также на большей части территории России, причем наиболее отчетливо этот процесс проявился на реках южной части лесной зоны, а также в лесостепной и степной зонах ЕТР. Здесь сток рек был выше, чем в «базовый» период на 40–70 %.

ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Прогнозировалось:

«Статистические данные об ОЯ, нанесших социальный и экономический ущерб в 1991–2005 гг., показывают, что на территории России каждый день в году где-либо отмечается одно и более опасных гидрометеорологических явлений. Особенно это проявилось в 2004 и 2005 гг., когда было зарегистрировано 311 и 361 опасных явлений соответственно. В среднем ежегодный прирост количества ОЯ составляет около 6,3 % опасных явлений. Эта тенденция сохранится и в дальнейшем».

Фактические данные:

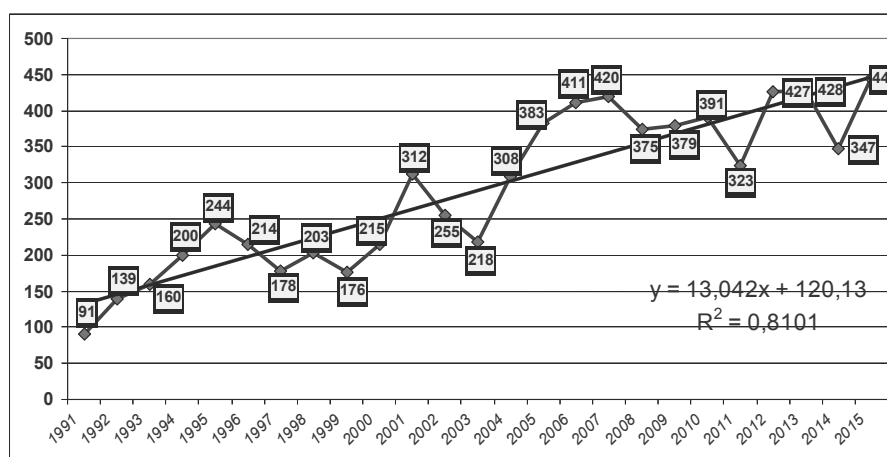


Рис. П6. Эволюция суммарного числа случаев ОЯ за 1991–2015 гг.

Указаны линейный тренд, уравнение регрессии и коэффициент детерминации (по результатам, представленными ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

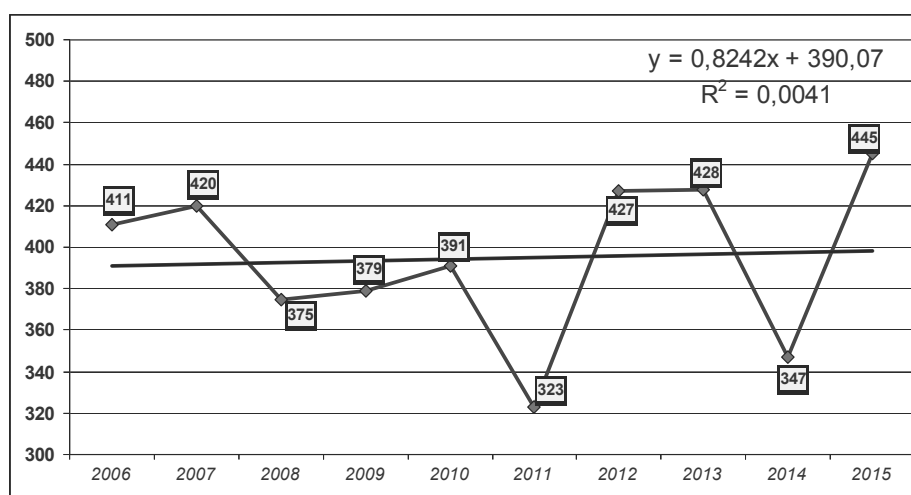


Рис. П7. Эволюция суммарного числа случаев ОЯ за 2006–2015 гг.

Указаны линейный тренд, уравнение регрессии и коэффициент детерминации (по данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

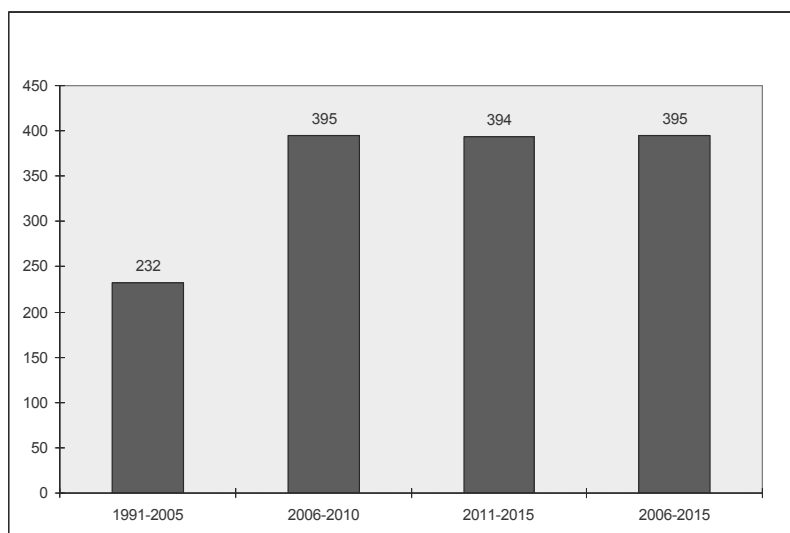


Рис. П8. Среднее число случаев ОЯ за соответствующий период (по данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

Статистические данные об ОЯ, нанесших социальный и экономический ущерб в 2006–2015 гг., показывают, что на территории России каждый день в году где-либо отмечается одно и более опасных гидрометеорологических явлений. Наибольшее их число было зарегистрировано в 2007, 2012, 2013 и 2015 гг.: 420, 427, 428 и 445 опасных явлений, соответственно. Следует отметить сохранение тенденции роста количества ОЯ в период с 1991 по 2015 гг. Если рассматривать период 2006–2015 гг., то в среднем регистрируется около 394 явлений в год. Отсутствие изменений числа ОЯ за два последних пятилетия можно объяснить единым подходом к регистрации ОЯ с введением утвержденных в Росгидромете с 16.04.2009 г. рекомендаций по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях.

Прогнозировалось:

«Более 70 % ОЯ, нанесших социальный и экономический ущерб, приходится на теплый (апрель-октябрь) период года. Именно в этот период отмечается основная тенденция роста числа случаев ОЯ. Ежегодный прирост количества ОЯ в теплый период в среднем составляет 9 явлений в год. Эта тенденция сохранится и в дальнейшем до 2020 г.»

Фактические данные:

На теплый период года в 1991–2015 гг. приходится 73 % ОЯ, в 2006–2010 гг. – 73,8 % ОЯ, в 2011–2015 гг. – 78 % ОЯ.

Количество ОЯ и НУП по годам составило:

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
В целом за год	385	411	420	375	358	391	323	427	428	347	445
В теплый период	274	293	330	287	284	274	248	341	334	287	360

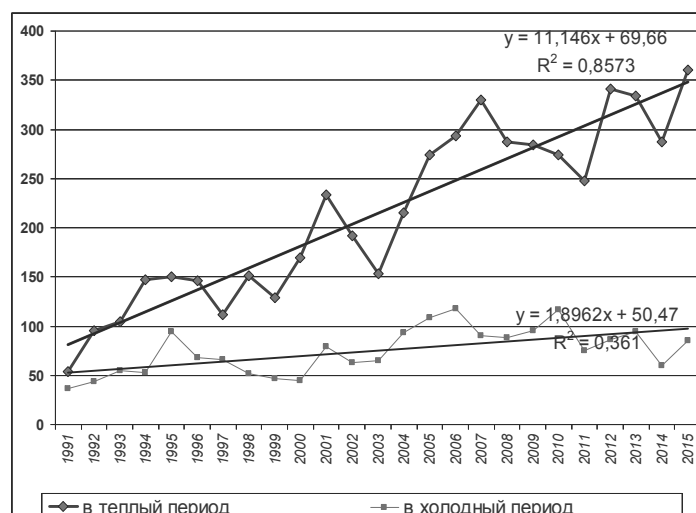


Рис. П9. Эволюция суммарного числа случаев ОЯ (по периодам года) за 1991–2015 гг. (холодным периодом года считаются ноябрь и декабрь предыдущего года и январь, февраль и март текущего года). Указаны линейные тренды, уравнения регрессии и коэффициенты детерминации (по данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

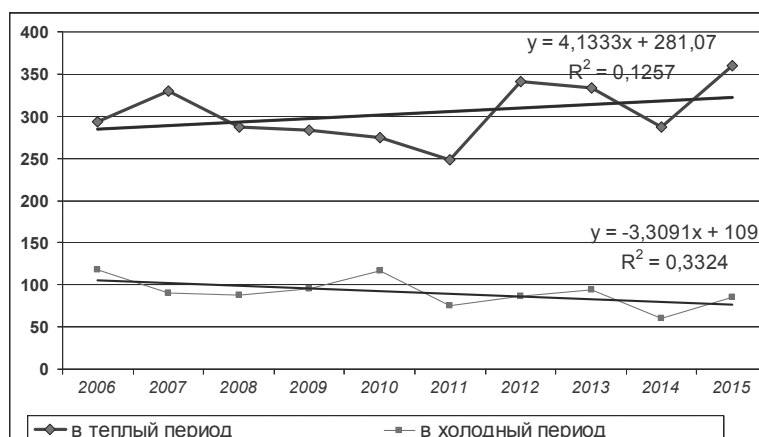


Рис. П10. Эволюция суммарного числа случаев ОЯ (по периодам года) за 2006–2015 гг. (холодным периодом года считаются ноябрь и декабрь предыдущего года и январь, февраль и март текущего года). Указаны линейные тренды, уравнения регрессии и коэффициенты детерминации (по данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

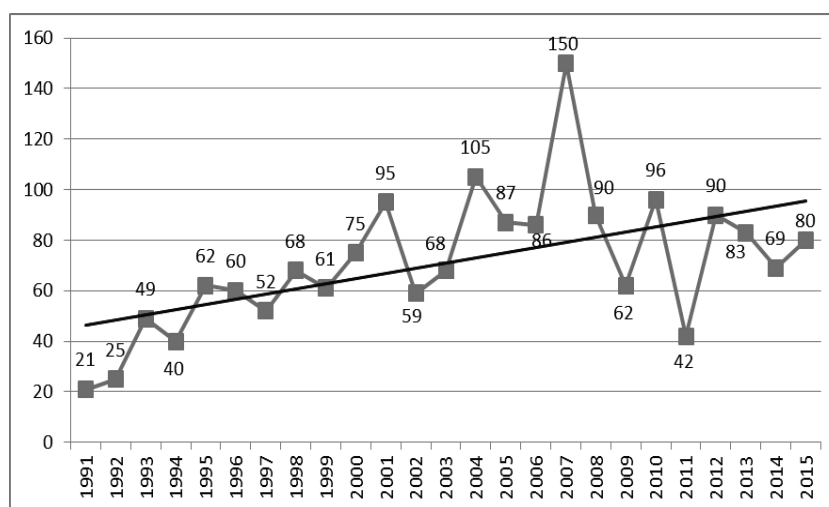


Рис. П11. Эволюция числа ОЯ, связанных с ветром и оказавших влияние на энергетику, за 1991–2015 гг. Прямой показан линейный тренд (поданным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»).

За последние 25 лет (период с 1991 по 2015 гг.) сохраняется тенденция роста количества ОЯ. Если рассматривать период с 2006–2015 гг., то ежегодный прирост количества ОЯ в теплый период составил в среднем 4 явления в год.

Прогнозировалось:

«Более 24 % всех ОЯ приходится на группу из четырех явлений — очень сильный ветер, ураган, шквал, смерч. По данным Мюнхенской страховой компании (Munich Re Group), например, в 2002 г. 39 % от общего числа значительных природных катастроф в мире приходится именно на эти явления, что хорошо согласуется со статистикой по России. Эти явления входят в группу наиболее трудно прогнозируемых ОЯ, при прогнозировании которых наиболее часто происходят пропуски».

Фактические данные:

Почти половина всех случаев приходится на две группы явлений. Более 24 % от всех ОЯ падает на каждую из групп «очень сильный ветер, ураган, шквал, смерч» и «дождь, продолжительный дождь, ливень, град, гроза» по данным за 1991–2015 гг. В период 2011–2015 гг. доля второй из указанных групп немного возросла, а первой, напротив, снизилась.

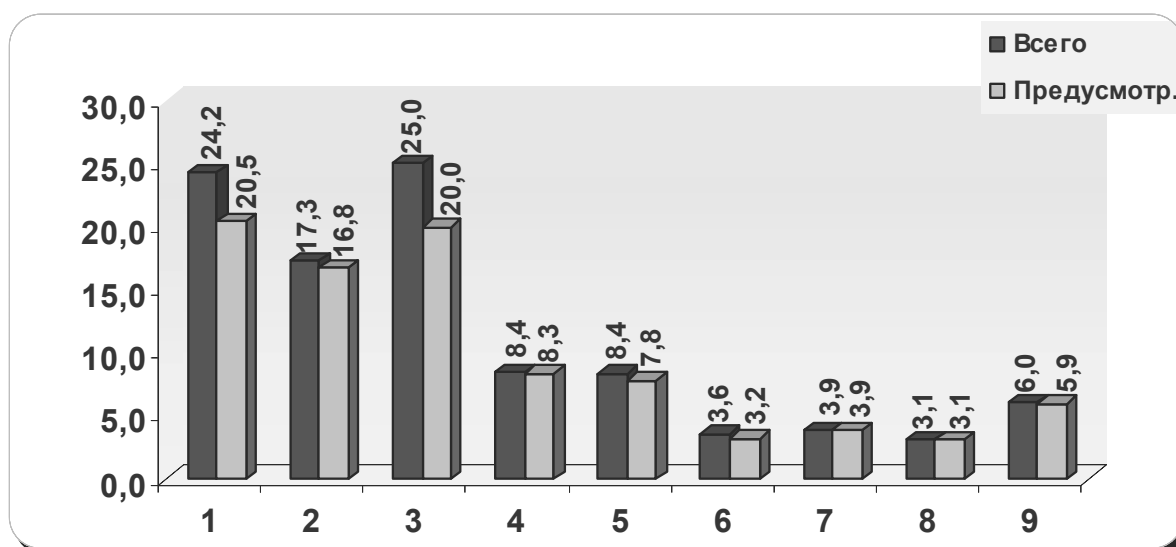


Рис. П12. Относительная доля (в процентах) общего и предусмотренного числа случаев ОЯ (по видам опасных явлений) за 1991–2015 гг. (по данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»):
 1 - сильный ветер, ураган, шквал, смерч; 2 - сильная метель, сильный снег, гололед;
 3 - сильный дождь, продолжительный дождь, ливень, крупный град, гроза;
 4 - мороз, заморозки, сильная жара; 5 - весеннее половодье, дождевой паводок, наводнение;
 6 - лавина, сель; 7 - засуха; 8 - чрезвычайная пожарная опасность;
 9 - сильный туман, пыльные бури, резкие изменения погоды, тягун, сильное волнение и др.

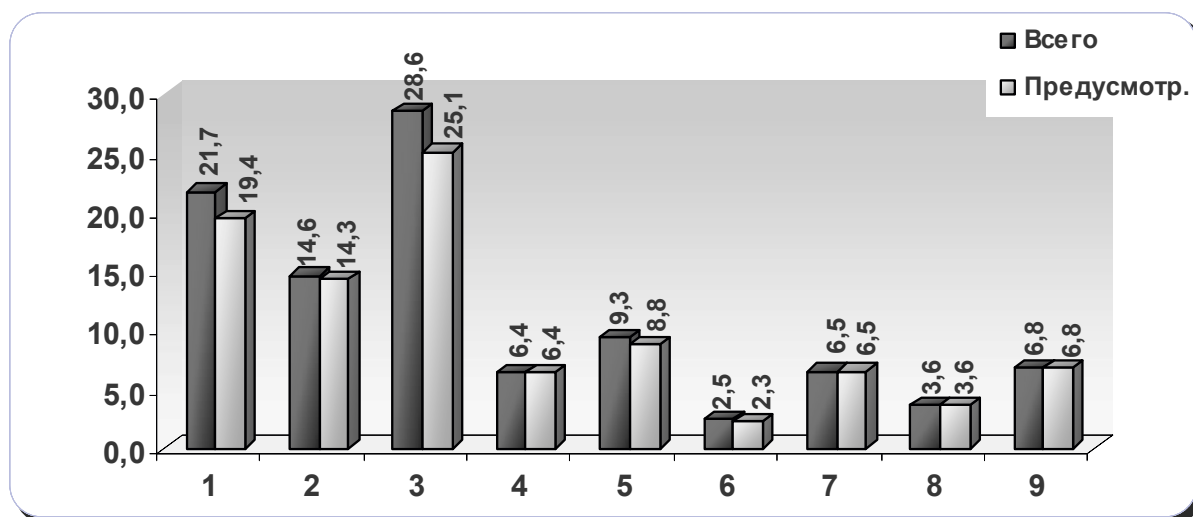


Рис. П13. Относительная доля (в процентах) общего и предусмотренного числа случаев ОЯ (по видам опасных явлений) за 2011–2015 гг. (по данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»). Пояснения – см. рис. П12.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Для подготовки СП-2005 в разделе влияния ожидаемых до 2010–2015 гг. изменений климата на сельское хозяйство России использовались материалы, полученные в результате исследований ФГБУ «ВНИИСХМ» и других НИУ Росгидромета за период с 1993 по 2005 гг. Основу материалов, использованных для прогнозирования, составляют оценки трендов климатических и агроклиматических показателей за 1976–2004 гг., представленные в табл. П1 и П2. В указанных таблицах приведены также соответствующие оценки скоростей изменения этих показателей за период с 1976 по 2015 гг. и отдельно за первые 15 лет XXI столетия, привлеченные для прогноза СП-2005. Использовались также оценки трендов агроклиматических показателей по отдельным областям, краям, республикам с наиболее интенсивным сельскохозяйственным производством.

Оценка СП-2005 проводится на основе анализа утверждений прогноза в разделе «Сельскохозяйственное производство» по крупным регионам территории России – федеральным округам (ФО). Оценки прогноза трендов показателей теплообеспеченности и влагообеспеченности по ФО России представлены в табл. П1 и П2. Следует отметить, что глобальное потепление, начавшееся с наступлением индустриальной эпохи, захватывает весь рассматриваемый здесь период с 1976 по 2015 гг., взятый в качестве основного для оценки СП-2005. Более короткий период с 2001 по 2015 гг. как наиболее близкий к периоду прогноза также целесообразно использовать для проверки, но следует иметь в виду, что длина рядов метеорологических данных за 2001–2015 гг. (15 лет) недостаточна для получения значимых линейных трендов климатических показателей тепло- и влагообеспеченности. В то же

время этот период принят за основной при оценке СП-2005 изменения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Прогнозировалось:

Рост продуктивности сельскохозяйственных культур может быть обеспечен за счет расширения посевов более теплолюбивых и, соответственно, более урожайных сельскохозяйственных культур. Могут быть расширены посевы пожнивных (вторых) сельскохозяйственных культур.

Фактические данные:

Выполненные расчеты по оценке СП-2005 показывают, что инерционный прогноз изменений важнейших климатических параметров и продуктивности сельскохозяйственных культур по федеральным округам можно считать в целом оправдавшимся. Это утверждение доказывают данные табл. ПЗ и П4, в которых приведены оценки показателей термического и влажностного режима по ФО. Оправдавшимися можно считать оценки изменений термического режима важнейшего для сельского хозяйства теплого периода года: оценки сезонной температуры воздуха за летний период и переходные сезоны года – весенний и осенний, а также оценки ожидаемых изменений самого теплого месяца года — июля.

Прогнозы трендов продолжительности вегетационного периода зерновых колосовых и теплолюбивых культур, совпадающих с продолжительностью периодов с температурой воздуха выше 5 °С и выше 10 °С, соответственно, следует признать оправдавшимися. Весьма важной для принятия решений, направленных на развитие сельского хозяйства, является хорошая оправдываемость прогноза темпов роста теплообеспеченности (суммы температур воздуха за период с температурой выше 10 °С.) сельскохозяйственных культур для всей территории России, за исключением отдельных регионов Сибирского ФО. Особо следует выделить удовлетворительную оправдываемость прогноза, согласно которому ожидается практически повсеместный рост температуры июля и всего осеннего периода, температурный режим которых определяет сроки созревания и уборки сельскохозяйственных культур (табл. ПЗ).

Сравнение гидрометеорологических показателей базового периода 1976–2004 гг. и периода 2001–2015 гг. показывает, что процесс глобального потепления в XXI веке в определенной мере замедлился.

Этот факт подтверждают отрицательные тренды показателей термического режима, такие как температура января (во всех федеральных округах) и июля (в Северо-Западном, Центральном, Приволжском и Уральском федеральных округах). Тем не менее, в среднем по всей территории России и по отдельным федеральным округам, за исключением Сибирского ФО, теплообеспеченность в период вегетации растет (табл. ПЗ).

Таблица П1. Оценки скоростей изменений (трендов) агроклиматических показателей термического режима для различных периодов

Федеральный округ	Температура воздуха, °C/10 лет						Продолжительность периода, сутки/10 лет		Сумма температур, °C/10 лет	
	зима	весна	лето	осень	январь	июль	T>5 °C	T>10 °C	>5 °C	>10 °C
<i>1976–2004 гг. (базовый период СП-2005)</i>										
Северо-Западный	1,09	0,40	0,62	0,13	1,2	0,9	4	1	102	88
Центральный	1,07	0,44	0,61	0,27	1,6	1,1	5	2	111	92
Приволжский	0,96	0,35	0,41	0,46	1,3	0,8	5	0	78	50
Южный и Северо-Кавказский	0,44	0,21	0,38	0,37	0,9	0,5	2	3	91	97
Уральский	0,76	0,35	0,24	0,41	0,9	0,4	3	1	65	53
Сибирский	0,84	0,88	0,37	0,05	0,7	0,3	4	3	90	87
Дальневосточный	0,53	0,41	0,12	0,50	1,2	0,0	4	3	60	52
Российская Федерация	0,78	0,49	0,37	0,28	1,0	0,5	4	2	82	71
<i>1976–2015 гг.</i>										
Северо-Западный	0,7	0,4	0,5	0,6	0,8	0,6	4,8	5,5	108,9	115,2
Центральный	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,9	5,0	4,6	138,7	137,8
Приволжский	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,5	4,1	3,4	109,6	106,0
Южный и Северо-Кавказский	0,3	0,4	0,6	0,5	0,3	0,5	4,0	3,3	144,5	137,2
Уральский	0,1	0,4	0,2	0,7	-0,1	0,0	3,0	3,6	60,8	66,2
Сибирский	0,0	0,7	0,3	0,2	0	0,2	3,6	1,9	58,8	47,2
Дальневосточный	0,4	0,3	0,3	0,5	0,7	0,2	2,6	3,6	65,1	73,2
Российская Федерация	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	3,7	3,5	89,2	88,5
<i>2001–2015 гг.</i>										
Северо-Западный	0,7	0,8	0,1	1,0	-1,2	-1,1	1,3	8,5	76,3	138,1
Центральный	0,1	0,9	0,9	0,5	-2,3	-0,5	-0,4	2,4	178,8	201,3
Приволжский	-0,8	0,5	1,1	0,1	-3,2	-0,5	-1,3	5,2	188,3	236,5
Южный и Северо-Кавказский	0,2	0,6	1,3	-0,3	-0,4	0,6	-5,4	-1,7	141,9	164,2
Уральский	-0,8	0,2	0,5	-0,4	-2,8	-0,8	2,1	1,8	59,6	56,9
Сибирский	-0,5	0,4	-0,1	-0,6	-1,0	0,3	6,4	-7,0	-28,0	-125,4
Дальневосточный	1,0	0,0	1,0	0,5	-0,4	1,0	0,0	5,4	101,1	146,8
Российская Федерация	0,0	0,5	0,6	0,1	-1,5	-0,1	1,3	1,9	88,8	95,5

Таблица П2. Оценки скоростей изменений (трендов) агроклиматических показателей режима увлажнения для различных периодов

Федеральный округ	Количество осадков, мм/10 лет				ГТК Селянинова за май-август, ед./10 лет	Индекс сухости Будыко, ед./10 лет
	зима	весна	лето	осень		
	1976–2004 гг. (базовый период СП-2005)					
Северо-Западный	7	5	-4	-6	-0,037	0,024
Центральный	-4	-3	-10	3	-0,107	0,044
Приволжский	4	6	-7	0	-0,051	0,011
Южный и Северо-Кавказский	3	3	10	20	0,034	-0,066
Уральский	5	7	1	8	0,005	-0,012
Сибирский	4	3	6	3	-0,021	0,008
Дальневосточный	5	3	3	0	0,023	0,014
Российская Федерация	3	3	0	3	-0,031	0,009
	1976–2015 гг.					
Северо-Западный	4,3	4,3	-2,6	-1,7	-0,046	0,030
Центральный	-1,5	0,5	-11,4	-2,9	-0,107	0,067
Приволжский	0,2	4,3	-8,6	-1,8	-0,075	0,056
Южный и Северо-Кавказский	1,6	6,8	-3,9	7,0	-0,023	-0,001
Уральский	-1,0	8,1	1,0	-0,4	-0,005	0,015
Сибирский	1,5	4,5	3,4	1,8	0,002	0,004
Дальневосточный	9,7	8,7	4,9	-0,7	0,007	0,008
Российская Федерация	2,3	5,5	-1,4	0,4	-0,034	0,024
	2001–2015 гг.					
Северо-Западный	6,4	-6,4	6,9	-0,9	-0,046	0,036
Центральный	-8,7	7,8	-5,7	-26,4	-0,084	0,151
Приволжский	-12,6	-12,7	-2,1	-11,0	-0,116	0,194
Южный и Северо-Кавказский	-1,3	6,6	-21,6	-19,7	-0,106	0,111
Уральский	-14,4	4,2	4,3	-12,3	-0,023	0,069
Сибирский	-5,7	9,3	-19,8	-1,0	0,003	0,006
Дальневосточный	27,5	19,6	17,8	21,0	0,051	-0,019
Российская Федерация	0,1	4,3	-1,6	-4,5	-0,037	0,067

Таблица ПЗ. Оценка прогноза (тенденций) агроклиматических показателей термического режима

Федеральный округ	Температура воздуха						Продолжительность периода		Сумма температур	
	зима	весна	лето	осень	январь	июль	T>5 °C	T>10 °C	>5 °C	>10 °C
<i>сравнение базового периода 1976–2004 гг. с периодом 1976–2015 гг.</i>										
Северо-Западный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Центральный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Приволжский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Южный и Северо-Кавказский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Уральский	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Сибирский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Дальневосточный	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Российская Федерация	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>сравнение базового периода 1976–2004 гг. с периодом 2001–2015 гг.</i>										
Северо-Западный	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Центральный	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Приволжский	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Южный и Северо-Кавказский	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+
Уральский	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+
Сибирский	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
Дальневосточный	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Российская Федерация	0	+	+	+	-	0	+	+	+	+

Примечание: + прогноз оправдался, – прогноз не оправдался, 0 – различие малодостоверно

Прогнозировалось:

Важнейшей негативной особенностью ожидаемых изменений климата является рост засушливости (аридности) климата, а также наблюдаемая тенденция увеличения повторяемости опасных гидрометеорологических явлений, прежде всего засух. Повторяемость засух в основных зернопроизводящих регионах России к 2015 г. может возрасти в 1,5–2 раза.

Фактические данные:

Важное значение для оценки последствий изменений климата для сельского хозяйства имеет оценка тенденций изменения увлажненности (степени засушливости) земледельческой зоны России. В СП-2005 указывается, что глобальное потепление на территории земледельческой зоны будет сопровождаться ростом степени засушливости, которая характеризуется уменьшением значений гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) и ростом индекса сухости Будыко (ИС) (табл. П2). Прогноз тенденции этого

показателя можно считать оправдавшимся. За период 1976–2015 гг. тенденция к росту засушливости рассматриваемой территории усилилась, хотя и незначительно (табл. П2). Сравнение показателей увлажненности территории за базовый период 1976–2004 гг. и период 2001–2015 гг. также дает основание сделать заключение об успешности прогноза в СП-2005.

Прогноз изменения количества весенних и летних осадков земледельческой зоны России в целом можно считать успешным (табл. П4). Однако прогнозируемая тенденция к увеличению количества осенних осадков не оправдалась для территории Центрального, Приволжского, Уральского и Дальневосточного ФО. Оценки по данным наблюдений в 2001–2015 гг. свидетельствуют, что за последние 15 лет тренды осенних осадков отрицательны на преобладающей части земледельческих регионов России (табл. П4).

Таблица П4. Оценки прогноза (тенденций) агроклиматических показателей режима увлажнения

Федеральный округ	Количество осадков				ГТК за май-август,	ИС,
	зима	весна	лето	осень		
	сравнение базового периода 1976–2004 гг. с периодом 1976–2015 гг.					
Северо-Западный	+	+	+	+	+	+
Центральный	+	-	+	-	+	+
Приволжский	+	+	+	-	+	+
Южный и Северо-Кавказский	+	+	-	+	-	+
Уральский	-	+	+	-	0	-
Сибирский	+	+	+	+	+	+
Дальневосточный	+	+	+	-	+	+
Российская Федерация	+	+	0	+	+	+
	сравнение базового периода 1976–2004 гг. с периодом 2001–2015 гг.					
Северо-Западный	+	-	-	+	+	+
Центральный	+	-	+	-	+	+
Приволжский	-	-	+	-	+	+
Южный и Северо-Кавказский	-	+	-	-	-	-
Уральский	-	+	+	-	-	-
Сибирский	-	+	-	-	-	+
Дальневосточный	+	+	+	-	+	+
Российская Федерация	0	+	-	-	+	+

Примечание: + прогноз оправдался, – прогноз не оправдался, 0 – различие малодостоверно

Прогнозировалось:

«Одним из важнейших следствий изменения климата является значительное уменьшение повторяемости зим с опасной для озимых культур минимальной температурой воздуха».

Фактические данные:

За период с 1976 по 2004 г. тренды температуры самого холодного месяца года (января) были положительными и, хотя сохранили эту тенденцию (за исключением Уральского ФО) за период с 1976 по 2015 гг., скорость их роста уменьшилась (табл. П1). За последние полтора десятилетия (2001–2015 гг.) тренды января стали отрицательными в результате нескольких холодных зим (табл. П1). Возможно, это короткопериодная флуктуация на фоне глобального потепления, которая сменится дальнейшим ростом зимней температуры воздуха. Тем не менее, оценки изменений агрометеорологических условий зимнего периода должны быть уточнены с учетом данных наблюдений за последние годы.

Прогнозировалось:

«К 2010–2015 гг. в связи с более благоприятным температурным режимом ожидается рост урожайности кормовых и зерновых культур в Северо-Западном, Центральном, Волго-Вятском регионах и на Дальнем Востоке. Из-за развития засушливости на Северном Кавказе, в Поволжье, на Урале, на территории Центрально-Черноземного региона, на юге Западной Сибири и в Алтайском крае при сохранении существующих технологий сельскохозяйственного производства, вероятно снижение урожайности кормовых и зерновых культур. Падение урожайности на величину до 22 % для зерновых культур может произойти на Северном Кавказе. В Поволжье, на Урале, на юге Западной Сибири и Центрально-Черноземном регионе возможно снижение урожайности на 13, 14, 12 и 7 % от существующего уровня соответственно».

Фактические данные:

Прогноз изменений продуктивности сельскохозяйственных культур — биоклиматического потенциала и урожайности на период до 2010–2015 гг. в целом подтверждается, о чем свидетельствуют положительные тренды урожайности зерновых и зернобобовых культур за 1976–2004 гг., 1976–2014 гг. и 1995–2014 гг. на территории отдельных ФО и России в целом (табл. П5). Утверждение об ожидаемом снижении уровня урожайности зерновых культур в Приволжском, Центральном, Северо-Кавказском и Южном ФО не оправдалось. Средний уровень урожайности зерновых культур в этих регионах в 1995–2014 гг. выше соответствующего уровня урожайности за период 1976–2004 гг. на 1,1–3,1 ц/га (табл. П5).

Основные рекомендации по адаптации сельского хозяйства к изменениям климата, представленные в СП-2005, остаются актуальными, хотя

и нуждаются в уточнении и дальнейшей детализации по отдельным регионам России.

Таблица П5. Оценки коэффициентов линейных трендов a ($Y_s = ax + b$), ц/га/10 лет, и средняя урожайность Y_s (ц/га) зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам России

Федеральный округ	Y_s	a	Y_s	a	Y_s	a
	1976–2004 гг.		1976–2014 гг.		1995–2014 гг.	
Центральный	14,8	0,89	16,3	2,26	17,6	6,46
Северо-Западный	11,4	0,32	13,6	2,78	15,7	7,96
Приволжский	13,5	0,75	14,0	0,88	14,6	1,78
Южный	22,3	1,05	24,2	2,64	25,4	8,16
Уральский	13,3	-0,63	13,8	0,26	14,2	1,18
Сибирский	12,0	0,46	12,6	0,88	13,2	2,13
Дальневосточный	11,3	-0,70	12,2	0,93	12,6	4,80
Российская Федерация	14,6	0,83	15,8	1,75	16,9	4,57

СУДОХОДСТВО ПО СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ, УСЛОВИЯ РАБОТЫ НА ШЕЛЬФЕ, ЭКОНОМИКА СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

1. ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ НА ТРАССЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Прогнозировалось: «До 2010–2015 гг. продолжительность ледового периода на трассах Северного морского пути (СМП) от пролива Карские ворота к востоку будет превышать шесть месяцев в году».

Фактические данные:

За 2010–2015 гг. продолжительность ледового периода изменялась в пределах 9,5–11 месяцев и в среднем составила 10 месяцев (сохранилась на уровне 2005–2010 гг.). В табл. П6 приведены данные по продолжительности ледового периода (когда на трассе СМП наблюдались дрейфующие льды) в арктических морях России.

Таблица П6. Продолжительность ледового периода на трассе СМП в период с 2010 по 2015 гг.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Продолжительность, мес.	10	9,5	10,5	11	11	9,5	10

Прогнозировалось: «При сохранении существующего фона ледовых и гидрометеорологических условий, по крайней мере до 2010–2015 гг., существует вероятность формирования сложных и очень сложных ледовых условий (повторяемость 10–20 %) в проливах Вилькицкого, Шокальского, Дмитрия Лаптева, Санникова и Лонга, ограничивающих безледокольное плавание по СМП».

Фактические данные:

В 2010–2015 гг. ледовые условия развивались на легком фоне. Ход ледовитости в течение года показывает, что за годы второго пятилетия (впрочем, как и первого) все реализации сезонного хода ледовитости находились в ранге легких лет (рис. П.14).

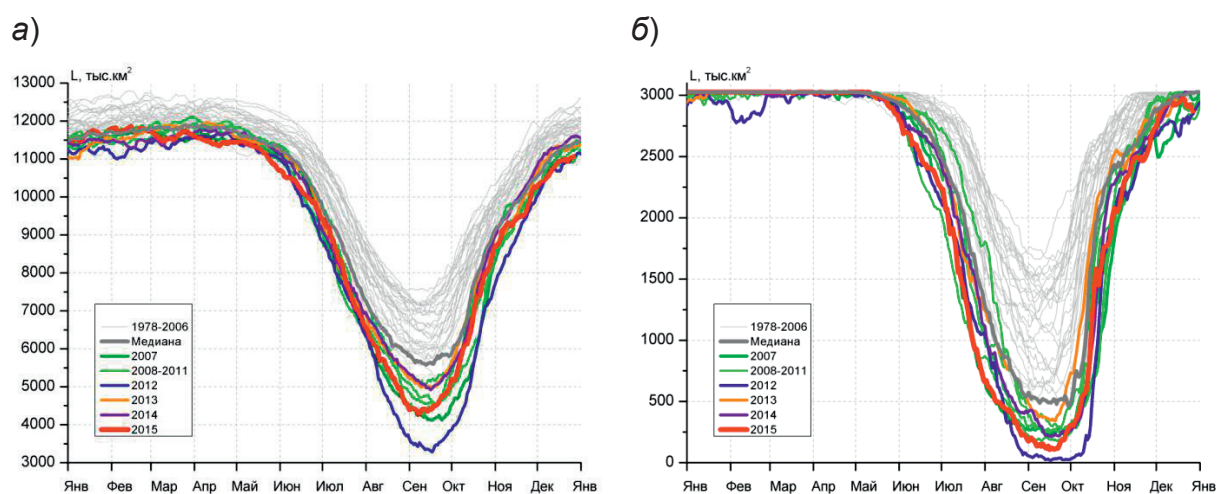


Рис. П14. Годовой ход (ежедневные данные) ледовитости для Северного Ледовитого океана (а) и морей СМП от Карского до Чукотского (б).

В табл. П7 приведены значения суммарных площадей ледяного покрова в сентябре в российских морях, по которым проходит трасса СМП (от Карского до Чукотского моря), за период с 2010 по 2015 гг. Приведенные данные подтверждают, что фон ледовых условий был очень легким. Среднее значение суммарной площади льдов за последнее десятилетие приблизительно на 600 тыс. км² меньше нормы за 30-летний период.

Таблица П7. Суммарная площадь льдов (тыс. км²) в середине сентября в морях СМП в период с 2010 по 2015 гг.

Период учета ледовитости	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее за период	
							2005–2015	1978–2015
21.08÷20.09	446,5	239,8	72,1	472,4	347,7	189,4	334,9	955,9
14÷20.09	318,5	194,1	27,2	352,5	221,9	117,3	325,8	970,7

Однако, несмотря на легкий фон развития ледовых условий, на ряде участков трассы СМП в течение всего периода имели место сложные ледовые условия, затрудняющие самостоятельное плавание судов. Как правило, такие ледовые условия складывались в проливах и на подходах к проливам, через которые проходит СМП. Повторяемость наличия сложных ледовых условий на различных участках трассы СМП приведена в табл. П8.

Из приведенных в табл. П8 данных видно, что за период 2010–2015 гг. в половине случаев в районе пролива Вилькицкого и проливов Новосибирских островов наблюдались сложные для плавания ледовые условия (массивы сплоченных льдов). Распределение льдов в середине сентября каждого года приведены на рис. П15.

Таблица П8. Повторяемость наличия сложных ледовых условий, лимитирующих плавание судов, на различных участках трассы СМП за период 2010–2015 гг.

Море, район	пролив Карские Ворота	пролив Вилькицкого	проливы Новосибирских островов	пролив Лонга
Повторяемость, %	0	50	50	35

Прогнозировалось: «Продолжительность периода сквозного плавания по СМП без ледокольной проводки при возникновении тяжелых ледовых условий сокращается до 10–15 суток в год (по сравнению с обычным двухмесячным периодом) или сквозное плавание без ледокольной проводки вообще невозможно».

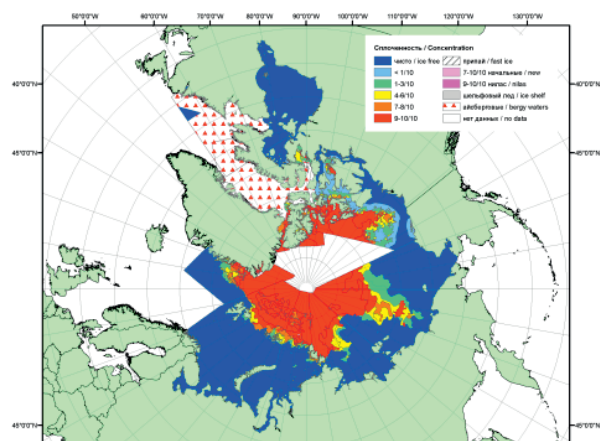
Фактические данные:

В период 2010–2015 гг. продолжительность периода сквозного безледокольного плавания составила 3–7 декад из 9 навигационных декад. В среднем продолжительность безледного периода на трассе СМП составила 5 декад (см. табл. П9).

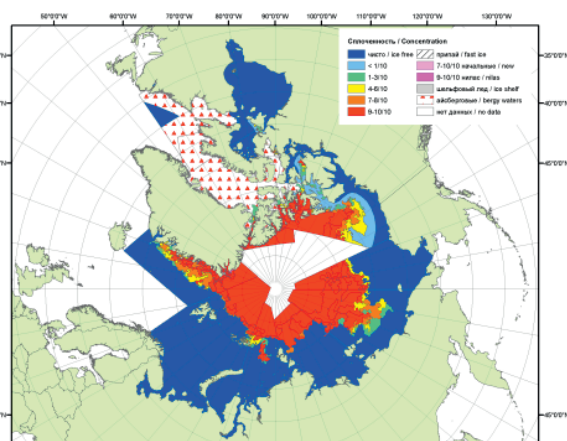
Таблица П9. Продолжительность безледного периода на трассе СМП в период с 2010 по 2015 гг.

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Среднее
Продолжительность, декада	4	7	5	3	3	7	5

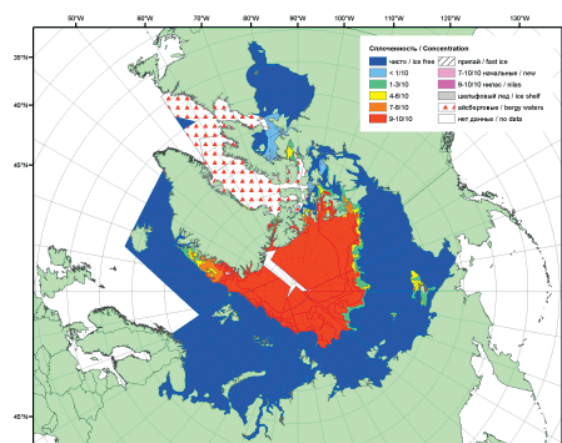
2010 г.



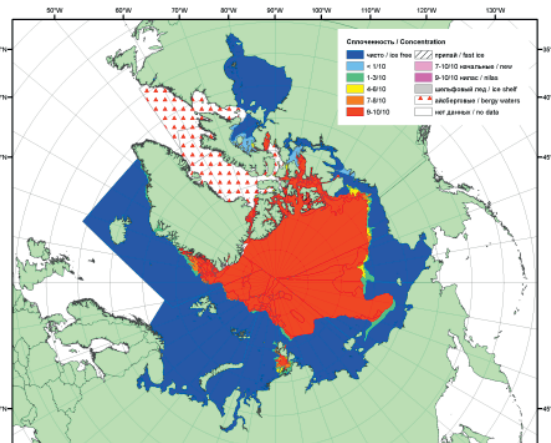
2011 г.



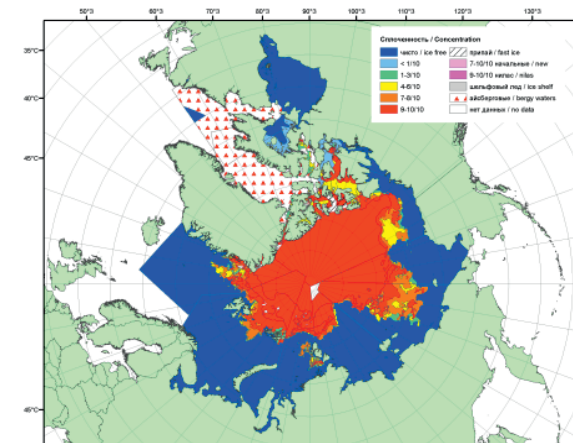
2012 г.



2013 г.



2014 г.



2015 г.

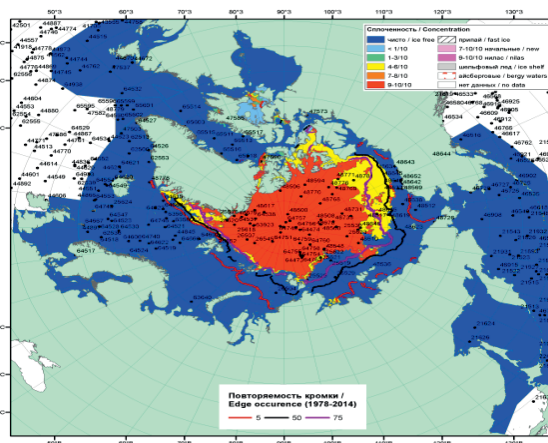


Рис. П15. Распределение ледяного покрова в середине сентября в 2010–2015 годах.

УСЛОВИЯ НА ШЕЛЬФЕ

Прогнозировалось: «Усилятся негативные явления, обусловленные ростом ветро-волновой активности, а именно повторяемость ледовых штормов (шторм в холодный период года на акваториях с редким льдом); интенсивность брызгового обледенения; интенсивность разрушения берегов, сложенных рыхлыми вечномерзлыми породами».

Фактические данные:

Результаты модельных расчетов ветрового волнения в арктических морях положены в основу оценки его оправдываемости за период 2011–2015 гг. Базовой оценкой для Баренцева и Карского морей послужили данные за 30-летний период до 2003 г. из справочников¹⁶. Для морей восточной Арктики подобных современных справочных данных не существует.

В период с 2011 по 2015 гг. в Баренцевом и Карском морях наблюдалось снижение штормовой активности как по числу случаев, так и по максимальной высоте волн по сравнению с периодом 2007–2010 гг. Особенно это заметно в Карском море, где максимальная высота волн H_s в 2014 г. не превышала 4 м, а число случаев с $H_s \max \geq 5$ м сократилось в период с 2012 по 2015 гг. до нуля. В Баренцевом море максимальная высота волны в 2012 г. снизилась на 3,0 м по сравнению с 2011 г. (с 10,5 до 7,5 м), а затем возросла до 11,5 м к 2015 г.

В море Лаптевых максимальная высота волн в 2012 и 2013 гг. уменьшилась по сравнению с 2011 г. на 1,5 м, а затем возросла на 1,0 – 2,0 м к 2015 г.

В Восточно-Сибирском море в 2011 г. наблюдалась самая низкая штормовая активность за период с 2011 по 2015 гг. ($H_s \max$ не превышала 4 м), и в разные годы максимальная высота волн колебалась в пределах от 1,5 до 3,0 м.

В Чукотском море в период 2011–2015 гг. доля расчетных случаев ветрового волнения с $H_s \max \geq 3$ м составляла 23 – 29 % и в среднем не очень сильно уменьшилась по сравнению с периодом 2007–2010 гг. Однако расчетная максимальная высота волн в 2011 г. составила ≥ 8 м. Это наибольшее значение за весь период расчетов, начиная с 2007 г. В период с 2012 по 2015 гг. максимальная высота волн снизилась до 4,5 м.

Таким образом, второй период стратегического прогноза (2011–2015 гг.) характеризуется тенденцией некоторого снижения роста ветро-волновой активности, особенно для Карского моря, что, по всей видимости, объясняется особенностями атмосферной циркуляции в арктических морях России за указанный период, а не уменьшением областей открытой воды и сокращением разгонов для развития ветрового волнения.

¹⁶ Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей — СПб, Российский морской регистр судоходства, 2003, 213 с.; Справочные данные по режиму ветра и волнения Японского и Карского морей — СПб, Российский морской регистр судоходства, 2009, 356 с.

Прогнозировалось: «Следует ожидать сохранение наметившейся в конце XX – начале XXI вв. тенденции к увеличению вероятности появления айсбергов в районах северных морских месторождений, включая Штокмановское».

Фактические данные:

Данные последних лет, полученные при обеспечении экспедиционных исследований ААНИИ в Карском море и море Лаптевых, продолжительность которых составляла 1–4 месяца, свидетельствуют об увеличении числа зафиксированных айсбергов. Максимальное количество наблюденных айсбергов отмечено в августе, также в августе отмечено наибольшее удаление айсбергов от выводных ледников Новой Земли.

В море Лаптевых наблюдалось увеличение числа айсбергов, отколовшихся от ледников Северной Земли. Наибольшее количество айсбергов наблюдалось во фьорде Матусевича и прилегающих к нему районах моря Лаптевых, что обусловлено разрушением в 2011–2012 гг. значительной части шельфового ледника фьорда Матусевича. Аналогичные данные получены зарубежными специалистами, пример картирования местоположения айсбергов в районе Северной Земли дан на рис. П16.

В Баренцевом море также по спутниковым данным отмечена тенденция увеличения числа айсбергов (рис. П17).

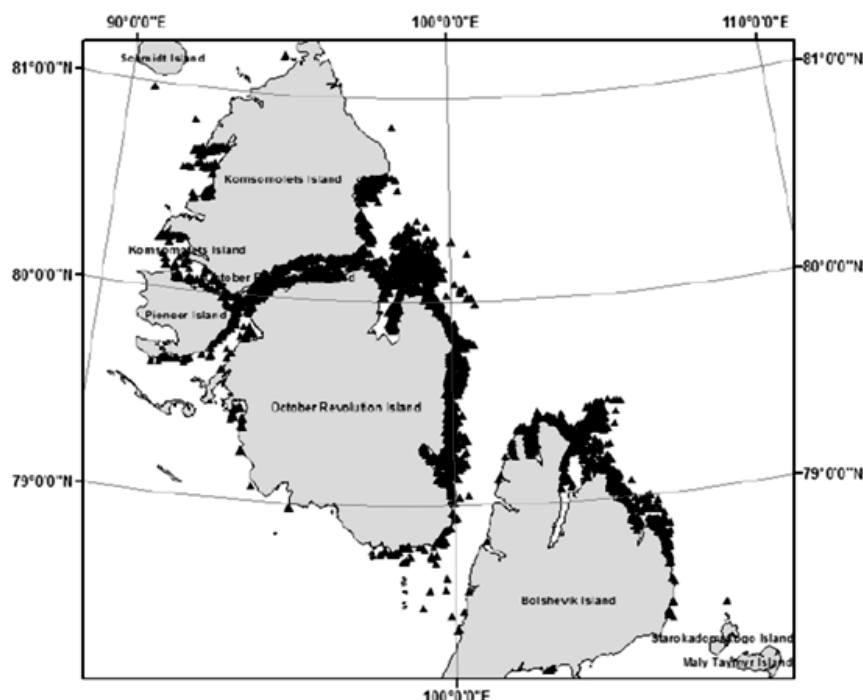


Рис. П16. Положение айсбергов, зафиксированных в Карском море и море Лаптевых у побережья Северной Земли весной 2012 г. по спутниковым данным Terra/ASTER¹⁷.

¹⁷ Babiker M. Monitoring Arctic Land and Sea Ice using Russian and European Satellites// Seventh Framework Programme FP7-SPACE-2010-1 EU-Russia Cooperation in GMES (SICA)// M. Babiker, MAIRES, 2011, P. 7-13.

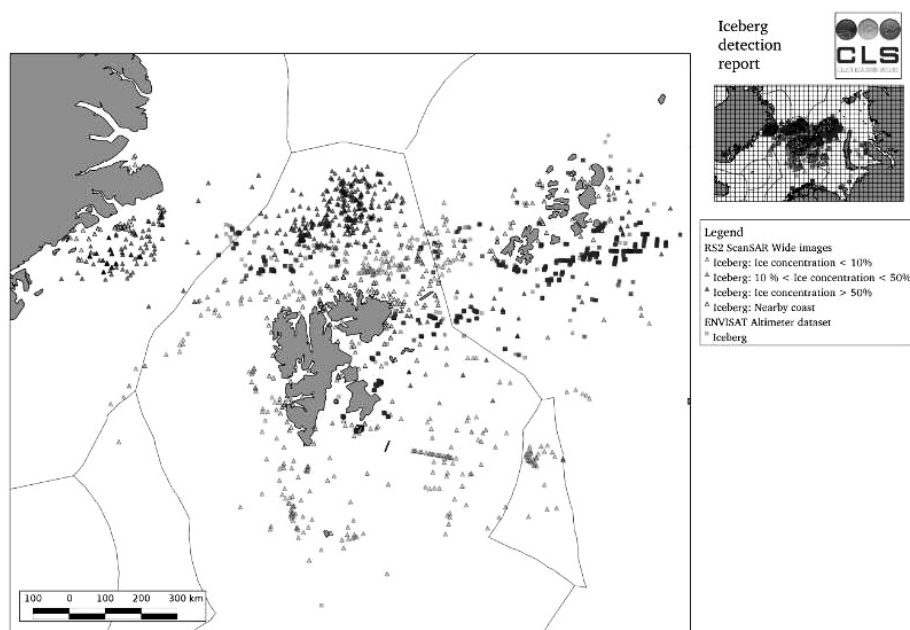


Рис. П17. Положение айсбергов, зафиксированных в Баренцевом море весной 2012 г. по спутниковым данным RADARSAT-2¹⁸.

Исследования ледников показывают, что в настоящее время на всех архипелагах баренцевоморского и Карского регионов происходит сокращение наземного ледяного покрова, выражающееся в отступании кромок ледников и понижении поверхности куполов, уменьшении скорости движения и толщины выводных ледников. Этот факт влияет на величину айсбергового стока.

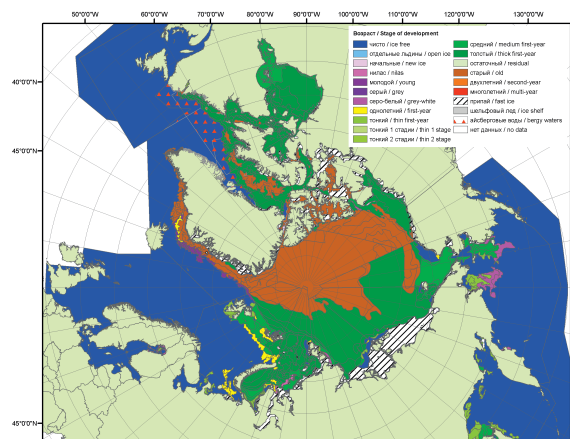
2.3. Прогнозировалось: «Сохраняется риск вторжения арктических паковых льдов в более южные районы моря».

Фактические данные:

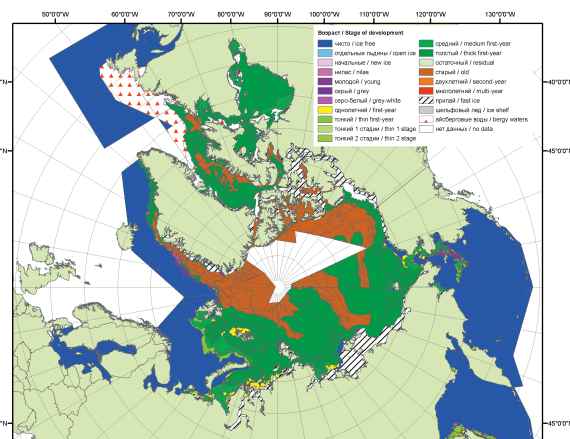
На приведенных рисунках (рис. П18), показывающих распределение ледяного покрова по возрасту, хорошо прослеживается значительное смещение кромки старых льдов в результате дрейфа в восточные моря российской Арктики (Восточно-Сибирское и Чукотское), наблюдавшееся в 2014–2015 гг. – последние годы пятилетия. Этот факт наглядно подтверждает прогноз о возможности смещения и вторжения паковых льдов в более южные районы морей и возможного попадания их на трассовую часть СМП.

¹⁸ Longepe N., Lucas M. Iceberg monitoring service by spaceborne radar technologies and drift modelling: from yacht races around Antarctica to offshore oil rig safety in the Arctic sea // Oceanology International// M. Lucas., London, 2014, P. 21.

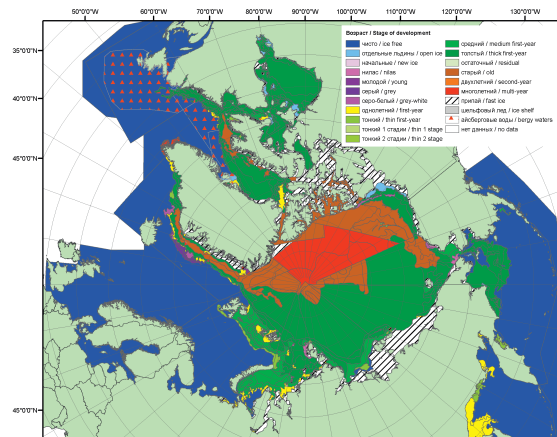
2010 г.



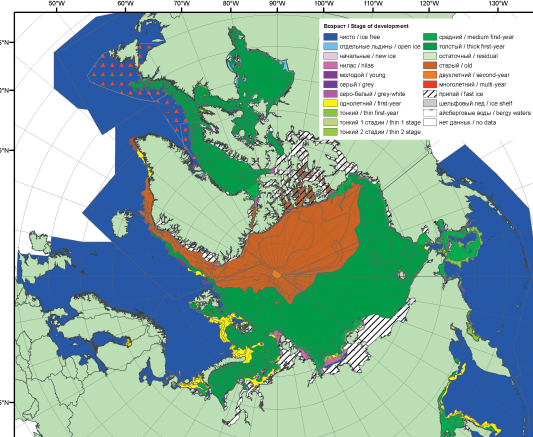
2011 г.



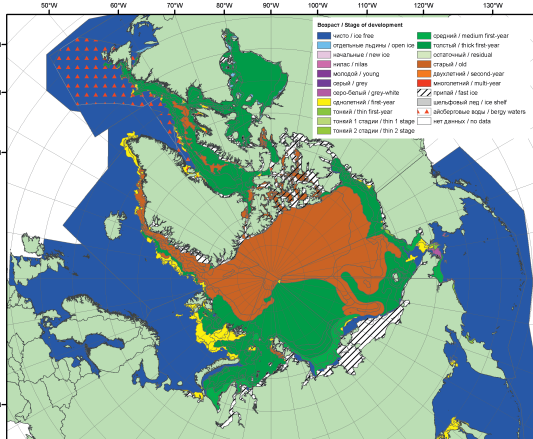
2012 г.



2013 г.



2014 г.



2015 г.

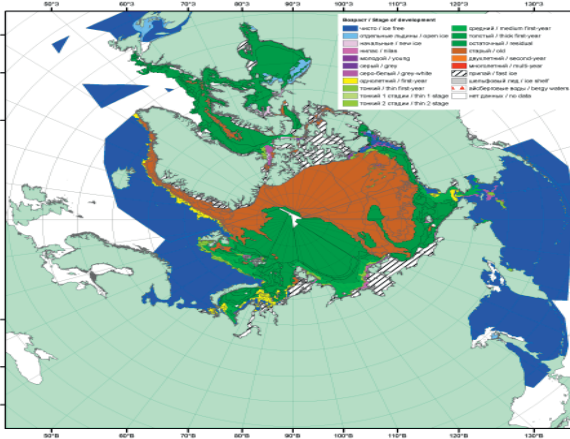


Рис. П18. Распределение ледяного покрова в середине мая в 2010–2015 годах.