

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.064.36(571.6)

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ОПАСНОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ БАССЕЙНА АМУРА (КРАТКИЙ ОБЗОР)

Г.В. Соколова

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: pozhar@iver.as.khb.ru

Представлен обзор публикаций отечественных ученых, характеризующий современное состояние исследований в области долгосрочного прогнозирования природных явлений и процессов, зависящих от погоды, – гидрологических явлений на реках бассейна Амура и условий возникновения пожарной опасности в лесах Приамурья. Уделено внимание анализу новых результатов исследований за последние годы в данном направлении, которые помогут продвинуться в решении этих важных вопросов в будущем.

Ключевые слова: Приамурье, современное состояние долгосрочного прогнозирования явлений, гидрологические и лесопожарные прогнозы.

Введение

Надежное предсказание любых параметров состояния природных систем, явлений или процессов требует новых подходов с применением современных технологий. Главной задачей считается здесь установление закономерностей формирования явлений на основе длительных режимных наблюдений, систематизация и корреляция полученных данных с многолетними рядами гидрометеонаблюдений, особенно на «вековых прогностических полигонах» [1] с периодом наблюдений более 100 лет, каким является одна из крупных водных артерий страны – Амур. Понятно, что лесные пожары, как и гидрологические явления, главным образом зависят от метеорологических условий, поэтому существующие методы прогнозирования гидрологических явлений и пожарной опасности в лесах имеют общую метеорологическую основу – прогноз осадков и температурного режима. Однако надежность долгосрочных метеорологических прогнозов мала, как отмечают специалисты [5].

Актуальность гидрологических исследований особенно возросла в последние годы в связи с экстраординарным наводнением на Амуре в 2013 г. и предшествующей ему катастрофической по продолжительности летне-осенней меженью 2008 г. с исторически низкой отметкой годового максимума у Хабаровска. Это относится и к ситуации с лесными пожарами на Дальнем Востоке.

Так, средняя многолетняя величина количества лесных пожаров в Хабаровском крае и Еврейской автономной области (ЕАО) увеличилась в два раза по сравнению с предшествующим периодом 1931–1965 гг. (рис. 1).

По данным мониторинга лесных площадей, пройденных пожарами, в южной части Дальневосточного региона начиная с 1960 г. отмечается восходящий тренд, указывающий на то, что в среднем площадь пожаров здесь ежегодно увеличивается почти на 9000 га (рис. 2) [12]. Е.Б. Олейник констатирует, что более 95% всех случаев возникновения лесных пожаров (антропогенные, метеорологические, геофизические и др.) – это результат деятельности человека, подтверждая официальные данные Дальневосточной базы авиационной охраны лесов [9]. Автор подчеркивает, что это связано не только со все более активным внедрением в леса заготовителей, но и с возрастающей точностью исходных данных, принимаемых со спутников. Здесь же Е.Б. Олейник говорит о наличии различных методик прогнозирования пожароопасной ситуации, в которых прогнозные оценки увеличения числа лесных пожаров связываются с особенностями развития погодных условий в отдельных регионах и с общим потеплением климата (ссылаясь, например, на разработки 1975 и 1984 гг.). Однако это далеко не так, о чем будет сказано ниже. Сравнительный анализ результатов опубликованных работ в этой области за послед-



Рис. 1. Динамика числа лесных пожаров за пожароопасные сезоны с 1931 по 2011 гг. в Хабаровском крае и Еврейской автономной области [21].

Точками показана воссозданная по метеоданным динамика пожаров. Горизонтальные линии на графике – среднее многолетнее значение за данный период

Fig. 1. Dynamics of the number of forest fires in the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region for the fire-prone seasons of 1931 to 2011 [21].

The dots show the fire dynamics on meteorological data. The horizontal lines on the diagram demonstrate an average long-term (the norm) value for the period

ние десятилетия с целью выявления возможности использования их для разработки долгосрочного лесопирологического прогноза без учета прогноза погоды и глобального потепления является главной задачей настоящих исследований.

Анализ и результаты

Оценка и прогноз условий среды по гидрологическим параметрам

Водность р. Амур фактически является отражением суммарного объема атмосферных осадков, выпавших в бассейне реки, который можно представить как нечто вроде гигантского осадкомера. Произошедшие за последнее десятилетие катастрофические события в режиме Амура – исторические летне-осенняя межень 2008 г. и наводнение 2013 г. – послужили поводом к поиску альтернативного подхода учета осадков в прогнозе водности Амура, как и в лесопирологическом прогнозе, т.е. без использования прогноза погоды. Тем более, что «в настоящее время надежность долгосрочных прогнозов осадков весьма мала и не отвечает требованиям их практического использо-

вания» [5, с. 53]. Поиск такой альтернативы основан на концепции представления о всеобщности пространственно-временной организации материального мира, единстве циклических изменений в органической и неорганической природе. Именно цикличность может стать объективным критерием наличия в водном режиме Амура универсальной формы связи с окружающей средой, т.е. «вписанность» Амура в уже готовую пространственно-временную систему мира. Любая природная система (и Амур не исключение) существует и развивается по своему собственному времени, которое зависит от характера циклических изменений в ее структуре и внешней среде, скорости движения, мощности гравитационного поля [2].

Несмотря на то, что, согласно научным публикациям, исследователи утверждали об отсутствии ритмичности и периодичности в режиме Амура [5, 27 и др.], она (цикличность) была обнаружена автором статьи в 2011 г. по средним месячным уровням воды у Хабаровска за сентябрь, усредненным по методу скользящих пятилетних

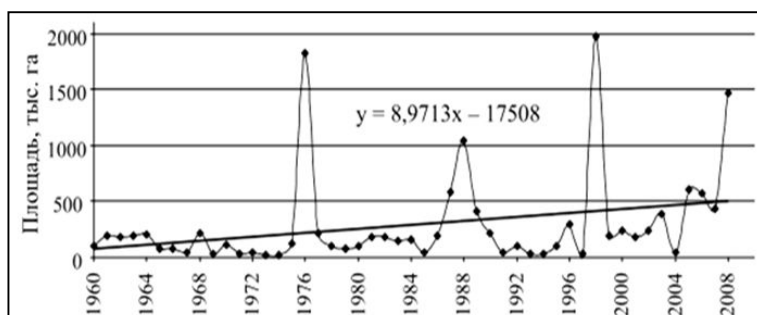


Рис. 2. Динамика лесных площадей, пройденных пожарами, в южной части Дальневосточного региона [12]

Fig. 2. Dynamics of the forest area affected by fires, in the southern part of the Far Eastern region [12]

периодов [19, 20]. Последние являются интегральной характеристикой водного режима Амура, так как имеют значимую корреляцию с годовыми максимумами и отражают исключительно дождевые паводки (т.е. без участия талого стока). Выявленная последовательность и повторяемость в смене циклов (рис. 3) многоводных лет с наводнениями и маловодных лет с продолжительной летне-осенней меженью есть универсальная форма связи природной системы (бассейн Амура) с внешним неорганическим миром – циклонической деятельностью в тропосфере и нижней стратосфере умеренных широт Северного полушария, где формируется погода.

Очевидно, что на всех пиках циклов полноводных лет отмечались продолжительные ливневые дожди, соответственно на впадинах – засушливые погодные условия. Это прямая значимая корреляция. Отсюда вытекает (согласно выявленной цикличности водного режима): если ожидается пик очередного цикла полноводных лет на Амуре, это означает, что синоптическая ситуация летом должна «сложиться» таким образом, чтобы «обеспечить» весь бассейн Амура продолжительными ливневыми осадками и, как следствие, – крупными паводками на стокоформирующих притоках Амура при отсутствии условий возникновения природных пожаров.

Заблаговременную оценку погоды летнего сезона в Приамурье, в том числе лесопожарной обстановки, используя комплексный показатель уровенных характеристик Амура за 1940–1980 гг., предлагает выполнять В.Т. Леншин по разработанной им в 1980-х гг. в Хабаровском филиале Гидрометцентра (ГМЦ) СССР схеме, которая приведена в одной из его работ [7]. Выводы В.Т. Леншина, основанные на концепции, что водность Амура в летний период гораздо полнее характеризует влажные и засушливые летние сезоны, чем данные отдельных метеостанций (или групп), базируются на асинхронной связи водности реки с показателями циркуляционных процессов Восточной Азии. Здесь в качестве реперного маркера принят параметр струйного течения в зимний период на информативных меридианах. За объективный гидрологический критерий принят уровень воды Амура у Хабаровска перед выходом воды на низкую пойму Амура, т.е. 270 см над нулем графика поста (критическая отметка – 300 см). Совместное рассмотрение показателя циркуляции с одной стороны и комплексного показателя уровенных характеристик Амура с другой стороны позволяет с заблаговременностью три месяца определить летний средний сезонный уровень воды у Хабаровска, где проявляется суммарное воздействие всех основных притоков реки. Однако такой ги-

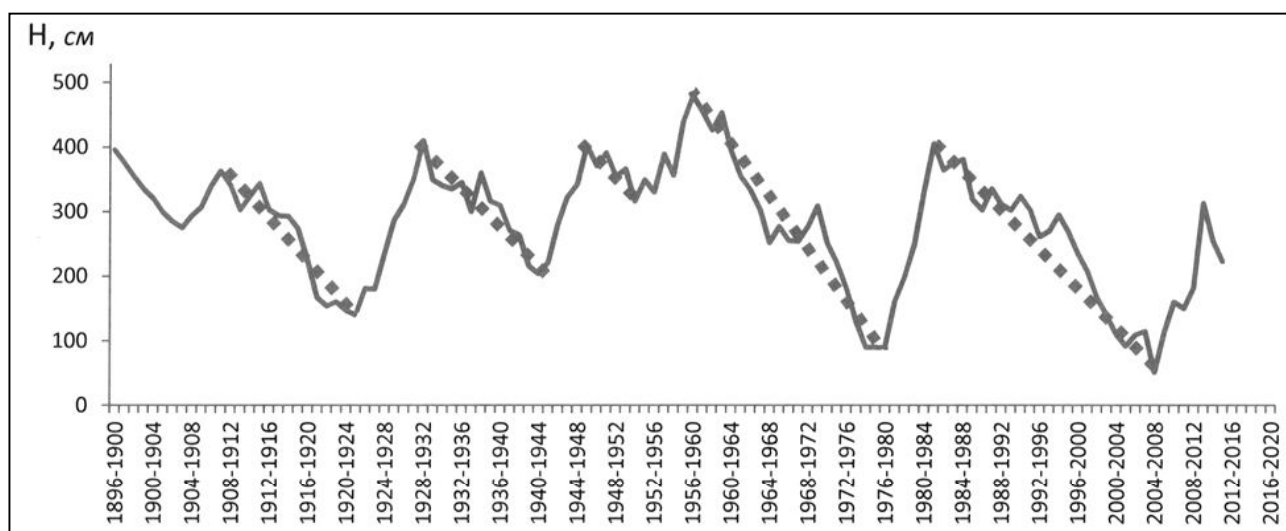


Рис. 3. Динамика средних месячных уровней воды р. Амур у Хабаровска за сентябрь, усредненных по скользящим пятилеткам, и параллельные ветви спада циклов групп маловодных и многоводных лет (пунктир) за 1896–2015 гг.

Fig. 3. Dynamics of average monthly water levels of the Amur-river near Khabarovsk in September, averaged for the moving five-year periods; parallel branches of the cycles abatement in the groups of high-water and shallow water years (dotted line), for the period of 1896–2015

дрологический подход в решении синоптической задачи, в том числе с целью прогноза опасности лесных пожаров, не был принят в отделе долгосрочных прогнозов погоды Хабаровского ГМЦ, поэтому исследования В.Т. Леншина не имели продолжения после 1980-х гг.

Свой подход для оценки синоптической обстановки на Дальнем Востоке по гидрологическим параметрам предлагает С.А. Лобанов [8, с. 49]. Известно, что систематически на дальневосточные моря с января по апрель выходят континентальные циклоны с осадками на бассейн Амура. За этот период времени сумма осадков, как и число циклонов, по мнению гидролога, к.г.н., выступает косвенной мерой степени охлаждения и ледовитости Охотского моря в последующий весенне-летне-осенний период, внося свой вклад в блокирование летних циклонов, вынуждая их длительно стационарировать над Приамурьем и давать большое количество осадков. Как следствие – отсутствие крупных лесных пожаров. Таким образом, разработчик предлагает гидрологический подход для разработки метода долгосрочного прогноза максимальных уровней воды на реках бассейна Амура в летне-осенний период без учета прогноза погоды, т.е. на основе использования гидрологом-прогнозистом сумм осадков за зимне-весенний период. Дополнительным фактором для разработки такого прогноза являются гидрологические показатели охлаждения и ледовитости Охотского моря за этот же период. Актуальность разработанного метода очевидна еще и потому, что он представляет самостоятельный «метеорологический интерес», так как дает возможность по гидрологическим параметрам оценивать синоптическую обстановку, надвигающуюся на Дальний Восток с опасными (или нет) условиями возникновения лесных пожаров. Однако этот метод долгосрочного гидрологического прогноза был разработан на примере малых рек бассейна Усури, поэтому нет убежденности, что он так же будет приемлем и для Амура, необходимы соответствующие разработки и испытания на значительно более крупном водном объекте.

Непосредственно для оценки и прогноза опасности лесных пожаров на территории речного водосбора С.А. Лобанов (в соавторстве) предлагает другой способ учета гидрологических параметров, используя только данные сети гидрологических станций, т.е. без учета метеоданных и прогноза погоды [6]. Главным гидрологическим предиктором здесь является положение кривой гидрографа стока реки, выделяя при этом интен-

сивный спад кривой (обычно до начала сильного пожара) и изменение кривой спада с прогибающейся формы к выпуклой. Речной сток, являясь индикатором насыщенности влагой речного водосбора, отражает способность водоносных горизонтов подпитывать верхние слои почвы за счет капиллярного поднятия и, следовательно, степени влажности лесных горючих материалов. Корневая система древесных пород получает воду из нижних почвенных горизонтов, поэтому деревья могут пережить даже экстремальную засуху, но когда эти резервы истощаются, лес засыхает. Согласно данной гипотезе, наибольшая вероятность возникновения лесного пожара произойдет тогда, когда расход воды в реке будет ниже некоторого определенного критического значения. Гидрологические данные (по спаду кривой расхода воды) более представительны для рассматриваемого водосбора, чем метеорологические измерения по ограниченному числу станций, ведь метеостанция контролирует специфический микроклимат только в своих окрестностях, в то время как гидрологические данные в замыкающем створе реки характеризуют погоду по водосбору в среднем, нивелируя ее случайные пространственные колебания. Например, вследствие неравномерного характера выпадения осадков во времени и по территории, особенно в засушливый период, трудно оценить эффективность такого дождя на основе метеоданных. Но если после дождя в засушливый период расход воды в реке восстанавливается и равномерно уменьшается с обычной скоростью, то можно судить, что непосредственная угроза природного лесного пожара на водосборе миновала. При этом крутая форма спада кривой стока и возврат к величине стока, который наблюдался до дождя, означает, что такой дождь не дал результатов относительно усиления пожароопасной обстановки на водосборе.

Однако эта гипотеза сама по себе не работает должным образом [26], и такой способ прогнозирования пожарной опасности в лесу, разработанный авторами [6], не нашел своего применения на практике, в том числе из-за отсутствия специалиста-гидролога в службе охраны лесов. Таким образом, несмотря на привлекательность гидрологического метода, с его простотой и ясным физическим смыслом, над метеорологическим прогнозом осадков, надежность которого крайне мала, существенным недостатком здесь является тот факт, что применять первый можно только на территории водосборов рек, где проводятся измерения расходов воды, а также малая за-

благовременность прогноза опасности возникновения лесного пожара.

Увеличение заблаговременности лесопирологического прогноза

Для увеличения заблаговременности лесопирологического прогноза (более месяца) предлагается использовать метод долгосрочного гидрологического прогноза, единая численная модель которого имеет вид [13, 17, 18, 21]:

$$Y = a + b_1 x_1 + \dots + b_n x_n, \quad (1)$$

где Y – прогнозируемый элемент; x_1, x_2, \dots, x_n – независимые переменные (характеристики влияющих факторов); b_1, b_2, \dots, b_n – соответствующие им коэффициенты регрессии; a – числовой параметр уравнения.

Это синоптико-статистический метод, испытанный в гидрологическом прогнозировании в нашей стране с 1970–1980-х гг., а в Хабаровском бюро погоды (ныне Хабаровский гидрометцентр) – с 1950-х гг. (вплоть до конца 1990-х гг.) на основе учета положения фронтальных зон как основных предикторов гидрологических явлений, выявленных Е.П. Тетеряниковой [24]. Опыт применения автором настоящей статьи этого метода в прогнозах водности и ледовых явлений на реках бассейна Амура и положительные результаты позволили использовать его в исследованиях по проблеме лесных пожаров на Дальнем Востоке. Суть гидрологического метода, применяемого для разработки лесопирологического прогноза, составляют:

1. Выделение характерных (значимых) полей метеорологических элементов в пространстве Северного полушария, атмосферные процессы в которых обуславливают сроки ледовых явлений на реках.

2. Получение количественных характеристик атмосферных процессов в этих полях с помощью программы разложения полей по естественным ортогональным функциям (ЕОФ).

3. Применение регрессионного анализа и множественной корреляции для выявления зависимости сроков ледовых явлений от коэффициентов разложения соответствующих метеорологических полей.

В связи с тем, что ледовые явления на реках в гидрологических районах, как и пожароопасная обстановка в лесопожарных зонах, наиболее полно интегрируют температурно-влажностные условия окружающей среды, именно на больших территориях, а не в отдельном месте, целесообразно выявлять прогностические зависимости, свободные от влияния локальных и случайных факторов, как это принято в гидрологии. Учитывая эти

особенности (т.е. районирование или зонирование территории по однородности показателей), автором исследований построен общий алгоритм моделирования долгосрочного лесопирологического прогноза (рис. 4). По данному алгоритму как методу прогноза можно вести разработки для любого другого лесного региона нашей страны. Дано краткое описание процесса разработки по этому алгоритму.

1. С момента формирования в 1960 г. метеорологической базы данных, включающей сведения о температуре и влажности воздуха, температуре точки росы, суточных суммах осадков и числе дней с интенсивными осадками за месяц, выполнено воссоздание многолетних рядов показателей опасности пожаров за каждый месяц с апреля по октябрь.

2. Воссозданные многолетние ряды усреднялись по периодам: весна (апрель, май), лето (с июня по август), осень (сентябрь, октябрь) и весь пожароопасный сезон (с апреля по октябрь). Расчеты выполнены по данным 50 станций, расположенных на территории Хабаровского края, ЕАО и Амурской области, таким образом была создана расчетная база данных о пожарном режиме в лесах.

3. После установления корреляционным анализом связи между усредненными по периодам показателями опасности пожаров, рассчитанными с помощью разных теплораспределительных методов (по В.Г. Нестерову [11] и М.А. Софронову [23]), дальнейший анализ пожарного режима продолжался по методу М.А. Софронова, который позволяет выполнять исследования на больших территориях при использовании меньшего числа метеорологических данных. Поэтому метод Софронова целесообразно использовать в исследованиях лесопожарного режима и в других крупных регионах.

4. После нанесения лесопожарных показателей засухи (ЛПЗ) на 4 географические карты (для весны, лета, осени и всего пожароопасного сезона) анализом установлено, что ежегодно эти показатели одинаковы на значительных территориях. Таким образом выполнено зонирование территории по однородности ЛПЗ и выделены три лесопожарные зоны, приведенные на рис. 5 [13, 16].

5. Для применения синоптико-статистического метода, выявления значимых метеополей в атмосфере и получения устойчивых основных естественных колебаний в атмосфере сформирована синоптическая база данных о предикторах, обуславливающих степень опасности лесных пожаров на Дальнем Востоке. Сделана выборка средних месячных (с января по июнь) параметров

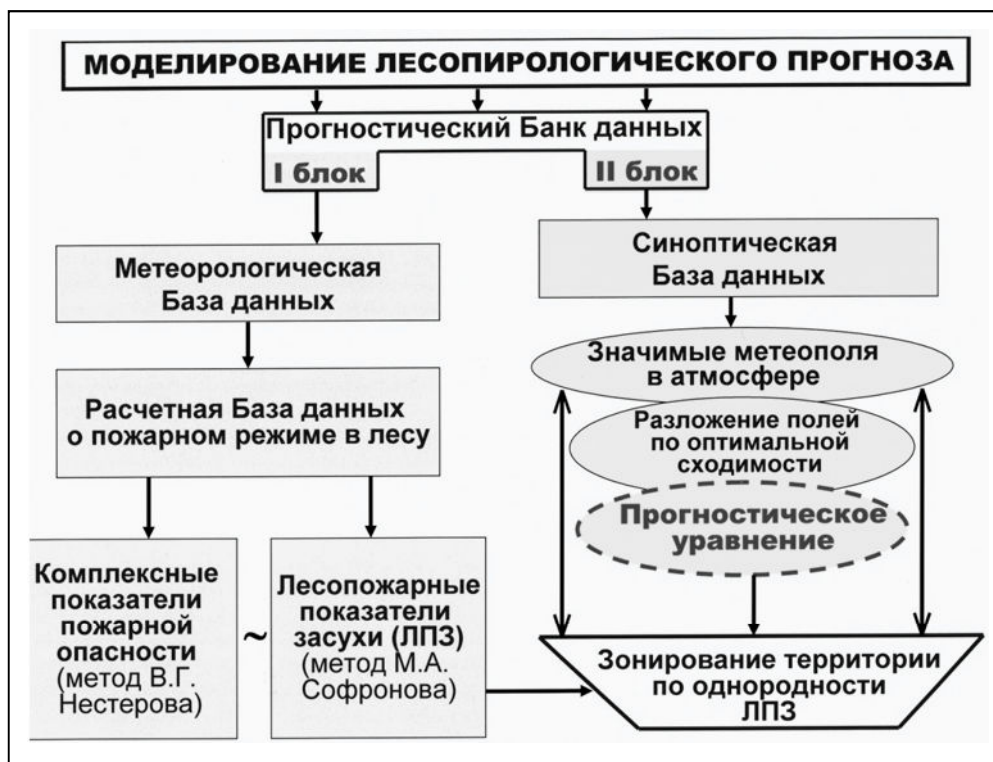


Рис. 4. Блок-схема алгоритма долгосрочного лесопирологического прогноза опасности лесных пожаров на Дальнем Востоке [13, 17, 18]

Fig. 4. Block diagram of the algorithm for a long-term pyrological prognosis of fire risks in the Russian Far East [13, 17, 18]

циркуляции на четырех стандартных уровнях в тропосфере и нижней стратосфере умеренных широт от Азорских до Алеутских островов с 1960 г. Для других регионов страны можно расширить (или ограничить) выборки на всем пространстве Северного полушария.

6. После формирования лесопожарной и синоптической баз данных и зонирования территории выполнены работы по выявлению значимых для прогноза полей метеорологических величин в тропосфере и нижней стратосфере (где формируется погода), в которых атмосферные процессы наиболее влияют на лесопожарную обстановку данной территории. Использован способ оценки (индекс ρ) значений пространственного поля (который успешно применяется в гидрологических ледовых прогнозах), т.е. по совпадению и несовпадению знаков аномалий между пожароопасными характеристиками по зонам и метеовеличинами.

7. После выделения наиболее показательных метеополей (всего получено 179 полей, состоящих из 20–28 точек в географической сетке), которые информировали, в каком районе полушария и в каком месяце находятся наиболее значимые метеополы для предсказания опасных условий

возникновения лесных пожаров на рассматриваемой территории, выполнено разложение этих полей по ЕОФ (оптимальной сходимости).

8. Учитывая опыт применения этого способа сжатия информации при установлении зависимостей для долгосрочного прогноза сроков ледовых явлений и лесопожарной опасности [3, 4, 15, 22], в разработках принимались первые 10 коэффициентов разложения, отражающие от 92 до 98% всей информации. Эти коэффициенты разложения по ЕОФ стали характеристиками полей и после регрессионного анализа и множественной корреляции вошли в прогностические уравнения.

К совершенствованию метода долгосрочного лесопирологического прогноза

Выполнено совершенствование метода лесопирологического прогноза, разработанного по вышеприведенной модели (рис. 4), т.е. на основе учета только параметров атмосферной циркуляции [18, 21]. Работа выполнена по международному проекту «Методика прогноза опасности лесных пожаров в Хабаровском крае, Еврейской автономной области и Амурской области на основе учета аэросиноптических и спутниковых материалов» (ISTC, проект № 4010) [13], и заключалась в следующем. Подавляющее большинство атмос-

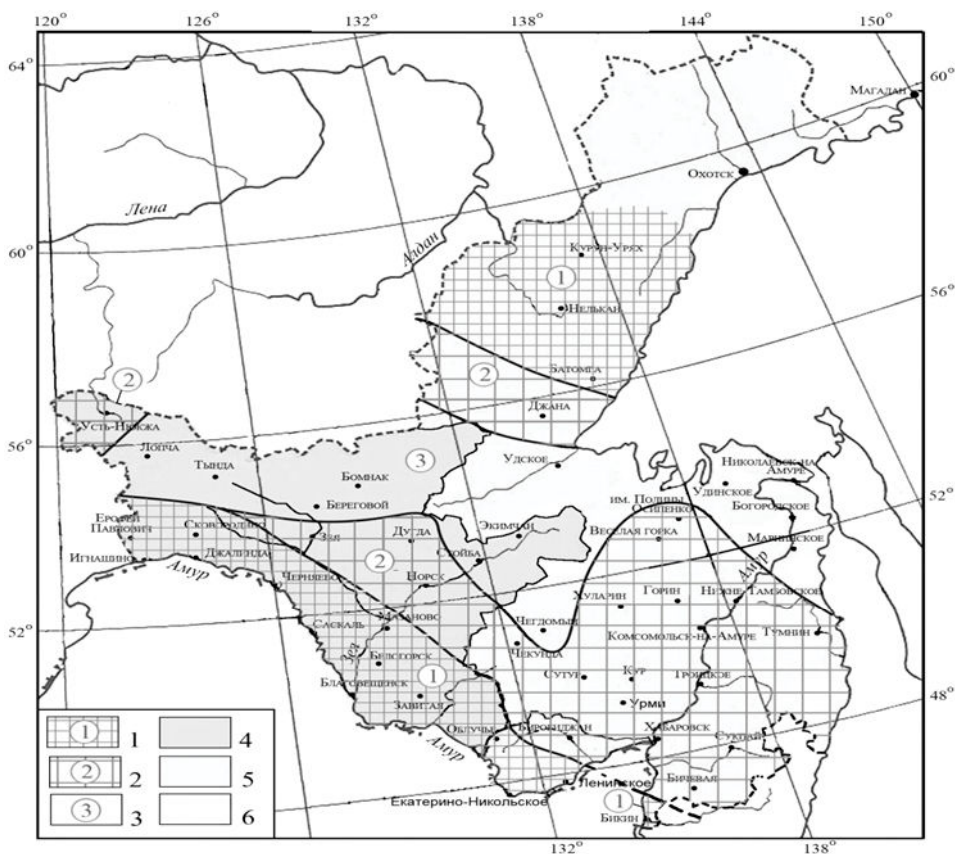


Рис. 5. Зоны пожарной опасности (1-3) в лесах Амурской области (4), Еврейской автономной области (5) и Хабаровского края (6) по условиям погоды (1 и 3 – зоны повышенной и пониженной пожарной опасности, соответственно)

Fig. 5. Fire risk zones (1–3) in forests of the Amur Region (4), Jewish Autonomous Region (5), and Khabarovsk Territory (6) dependent on weather conditions (1 and 3 – high and low fire risk zones, respectively)

ферных полей, выявленных ранее [18, 21] (73,9%), располагается именно над океанами – Атлантическим и Тихим – и морями Северного Ледовитого океана. Это послужило поводом исследовать пространственное распределение аномалий температуры поверхности океана, а следовательно, и особенности теплосодержания деятельного слоя и теплообмена с атмосферой в качестве нового потенциального фактора опасности лесных пожаров в Приамурье. Тем более, что еще в 2002 г. первые разработки в этом направлении исследований были сделаны в Дальневосточном НИИ лесного хозяйства (опубликованы результаты позднее [22]). На примере трех авиаотделений Дальневосточной базы авиалесоохраны – Хабаровского, Ургальского и Куканского – была рассчитана корреляция многолетних рядов (1960–1997 гг.) показателей пожарной опасности с апреля по октябрь с первыми 10 коэффициентами разложения по ЕОФ полей аномалий температуры поверхности северо-западной части Тихого океана, значимая связь

получена, например, для октября в зависимости от первого коэффициента разложения по ЕОФ в июле и августе ($r = 0,46$ и $0,52$).

Очевидно, что океанический фактор создает определенный фон, который способствует большей или меньшей интенсивности и устойчивости текущих атмосферных процессов, что подтверждается выявленными атмосферными полями над океанами. Наиболее значимые метеополы сосредоточены в пределах зоны двух центров действия атмосферы над океанами – исландской и алеутской депрессией, несколько менее значимые – в зоне азорского и (в еще меньшей степени значимости) азиатского антициклонов, что дает основание сделать вывод о неслучайности выборки исходных данных. Характеристики термического состояния Северной Атлантики и северо-запада Тихого океана в виде коэффициентов разложения по ЕОФ полей температуры поверхности океана, полученные Б.М. Гинзбургом [3], применены в качестве основных предикторов в

прогностических уравнениях.

Для построения комплексных прогностических зависимостей (с учетом развития процессов в атмосфере и океанах) Г.В. Соколовой [13] выявлены количественные характеристики атмосферных процессов в зоне алеутской депрессии (центра действия атмосферы (ЦДА) в географическом районе над северо-западом Тихого океана) в течение января-апреля, влияющие на степень опасности лесных пожаров в Приамурье в течение апреля-октября [4, 13, 16, 17]. Эти характеристики, из которых наибольшее влияние оказывают положение (долгота λ) западной границы тихоокеанского ЦДА, вошли в подавляющее большинство прогностических уравнений как дополнительный предиктор.

В итоге для каждой лесопожарной зоны и каждого месяца пожароопасного периода получены комплексные прогностические уравнения с учетом океанических и тропосферных предикторов, отражающих влияние температуры поверхности двух океанов и состояния алеутской депрессии на условия Приамурья, которые имеют общий вид:

$$ЛПЗ_{ij} = f(B_{n(\text{Атлантика})}; B_{n(\text{Тихий океан})}; \lambda_i), \quad (2)$$

где ЛПЗ – средний месячный лесопожарный показатель засухи (по Софронову); i – номер месяца; j – номер лесопожарной зоны; B – коэффициент разложения по ЕОФ полей температуры поверхности океана; n – номер этого коэффициента разложения; λ – долгота пересечения западной границы тихоокеанского ЦДА (алеутской депрессии).

В результате отбора по критериям, согласно действующим инструкциям Росгидромета (Руководству [14] и Наставлению [10]), из всех 117 уравнений регрессии в конечном итоге получены 19 зависимостей, охватывающих прогнозом все лесопожарные зоны с апреля по октябрь. Эффективность метода S/σ как отношение средней квадратичной погрешности проверочных прогнозов (S) к среднему квадратичному отклонению искомым величины от нормы (σ) равна 0,64, что значительно меньше допустимого превышения 0,80 [10, 14]. Другие показатели качества прогностических зависимостей: коэффициент множественной корреляции $R = 0,657$ (от 0,508 до 0,780); общая оправдываемость проверочных прогнозов (P , %) за 1980–2009 гг. по всем уравнениям (с учетом допустимой ошибки прогноза $\delta_{\text{доп.}}$) составила 72,1 (от 62 до 90%); заблаговременность прогнозов от 1 до 5 месяцев, в уравнения входят по 3–4 (реже 5) предикторов. Природная обеспеченность ме-

тода прогноза (на основе оценки климатических прогнозов по норме лесопожарных показателей) составила в среднем для всех лесопожарных зон и месяцев 57%, что указывает на преимущество разработанного метода прогноза над климатическим.

Например, уравнение для прогноза среднего ЛПЗ (I зона) на октябрь, составляемый в начале июля, когда будут известны океанические и тропосферные предикторы за июнь и февраль, имеет вид, согласно численной модели (1):

$$ЛПЗ_{\text{I зона, октябрь}} = f(AB_{3 \text{ июнь}}, AB_{6 \text{ июнь}}, TB_{9 \text{ июнь}}, T_{\text{февр.}}), \quad (3)$$

где A и T – соответственно Атлантический и Тихий океаны; числовые параметры по модели (1): $a = 5648$, $b_1 = -176$, $b_2 = -249$, $b_3 = -286$, $b_{3_2} = -26$.

Характеристики качества этого прогностического уравнения (3): $R = 0,656$; $S/\sigma = 0,65$; $P = 70\%$; $\delta_{\text{доп.}} = 406$ единиц.

Заключение

Из всех опубликованных за последние десятилетия материалов по оценке и прогнозу опасности лесных пожаров на территории Приамурья выделены такие работы, в которых исследователи предлагают вместо учета атмосферных осадков по прогнозу погоды использовать гидрологические методы, подходы и непосредственно характеристики, фактически отражающие объем выпавших осадков в бассейне реки. Предлагаемое разработчиками отступление от традиционно используемых в лесной службе прогнозов погоды для оценки и прогноза опасности пожаров объясняется прежде всего тем, что надежность долгосрочного прогноза осадков мала по оценкам специалистов [5]. Выполнен сравнительный анализ результатов этих работ, который позволяет сделать вывод, что они (результаты) представляют самостоятельный «метеорологический интерес», так как дают возможность по гидрологическим параметрам оценивать синоптическую обстановку и, как следствие, – степень опасности лесопожарных ситуаций. К ним относятся следующие базовые гидрологические характеристики:

- цикличность водного режима Амура [19, 20],
- комплексный показатель уровенных характеристик Амура за многолетний период [7],
- показатель охлажденности и ледовитости Охотского моря [8],
- гидрограф речного стока [6].

Разработан первый вариант метода долгосрочного лесопирологического прогноза на основе модели (1) долгосрочного гидрологического прогноза водности и ледовых явлений в бассейне Амура и его главных притоках с учетом параме-

тров атмосферной циркуляции [13, 16, 17, 18, 21]. (Следует отметить, что эти параметры атмосферной циркуляции, выбранные гидрологами для своих целей, не учитываются синоптиками и не являются информативными для них при составлении прогноза погоды, для этого существуют свои методы и методики). Каждый гидролог-прогнозист, исследующий данное явление на водном объекте с целью прогноза, самостоятельно делает выборки параметров циркуляции с синоптических карт за многолетний период (в том числе на определенных информативных меридианах), чтобы получить прогностическую зависимость от них исследуемого гидрологического явления.

Показана возможность усовершенствования разрабатываемого метода и повышения его эффективности путем введения в прогностическое уравнение другого выявленного предиктора – гидрологического параметра, характеризующего тепловое состояние поверхности океанов (Северной Атлантики и северо-западной части Тихого океана), где наблюдается наибольшая теплоотдача в атмосферу [4, 13]. Получены комплексные зависимости средних месячных лесопожарных показателей засухи от характеристик полей температуры поверхности двух океанов (первые 10 коэффициентов разложения этих полей по ЕОФ [3]) и некоторых характеристик состояния атмосферы в зоне ближайшего к Приамурью центра действия атмосферы – алеутской депрессии. Сравнивая между собой полученные прогностические зависимости – комплексные и с учетом только характеристик температуры поверхности океанов, – следует отметить, что качество комплексных зависимостей лучше и эффективность комплексного метода оказалась заметно больше.

Таким образом, в связи с тем, что для долгосрочного прогноза опасности лесных пожаров еще не разработана методика (для условий Приамурья или других лесных регионов страны, а также и в мире), положительные результаты, полученные за последние десятилетия, дают основание утверждать, что разработка методики такого прогноза близится к успешному завершению. В качестве ближайшей задачи и некоторых пожеланий в дальнейших исследованиях следует считать актуальным:

- уточнение границ лесопожарных зон Приамурья в каждом месяце, так как зонирование территории выполнено усредненное по периодам (весна, лето, осень, пожароопасный сезон), для которых будет разрабатываться более точный прогноз;

- расширение синоптической базы данных о предикторах, обуславливающих степень опасности лесных пожаров, в узлах географической сетки Северного полушария с шагом $5^{\circ} \times 10^{\circ}$, т.е. не ограничивать выборку Азорскими и Алеутскими островами, что даст возможность более точно определить значимые для прогноза метеополя;

- получение количественных характеристик атмосферных процессов в этих метеополях с помощью программы разложения полей по естественным ортогональным функциям, отсутствие которой не позволило выполнить эту задачу в предыдущих разработках;

- применение корреляционно-регрессионного анализа для выявления новых зависимостей лесопожарных показателей засухи от коэффициентов разложения по ЕОФ новых соответствующих метеополей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агафонов Б.П. Вековые прогностические полигоны // Геологические и экологические прогнозы. Новосибирск: Наука, 1984. С. 78–82.
2. Белецкий Е.Н. Цикличность – фундаментальное свойство развития и функционирования природных систем // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Серия Биология, 2007. Вып. 3 (12). С. 100–116.
3. Гинзбург Б.М. Влияние температуры поверхности океанов на сроки замерзания и вскрытия рек. Методы его учета. СПб.: Гидрометеопредмет, 2005. 100 с.
4. Гинзбург Б.М., Соколова Г.В. Влияние температуры поверхности океанов и алеутской депрессии на лесопожарную обстановку в районах Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 52–62.
5. Крыжов В.Н., Вильфанд Р.М. Макрометеорологические условия формирования сильных осадков в бассейне р. Амур в июне–сентябре 2013 г. и успешность их прогнозирования // Экстремальные паводки в бассейне р. Амур: причины, прогнозы, рекомендации. М.: Росгидромет, 2014. С. 40–53.
6. Кулик В.Я., Лобанов С.А. Гидрологический прогноз лесных пожаров и их предотвращение // Экологический вестник Приморья. Владивосток: Маяк, 2002. № 3. С. 140–142.
7. Леншин В.Т., Трусовский И.В. Об использовании долгосрочного прогноза уреченных характеристик р. Амур в оценке режима погоды летних сезонов в Центральном Приамурье // Проблемы гидрологии рек зоны БАМ и Дальнего Востока: материалы науч. конф. Влади-

- восток, 17–19 сентября 1983 г. Л.: Гидромете-
оиздат, 1986. С. 261–264.
8. Лобанов С.А. Методы долгосрочных прогно-
зов наводнений на реках Приморского края.
Владивосток: Дальнаука, 2000. 100 с.
 9. Любякин А.П. Авиационная охрана лесов на
Дальнем Востоке // Северо-восточная Азия:
вклад в глобальный лесопожарный цикл.
Фрайбург: Центр глобального мониторинга
природных пожаров. Хабаровск: Тихоокеан-
ский лесной форум. 2006. С. 302–322.
 10. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3,
ч. 1. Прогнозы режима вод суши. Л.: Гидромете-
оиздат, 1962. 198 с.
 11. Нестеров В.Г. Горимость лесов и методы ее
определения. М.: Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
 12. Олейник Е.Б. Вопросы мониторинга и оценки
лесных пожаров в Дальневосточном Феде-
ральном округе // Вестник ТГЭУ. 2009. № 3.
С. 23–31.
 13. Проект МНТЦ № 4010. Методика прогноза
опасности лесных пожаров в Хабаровском
крае, Еврейской автономной области и Амур-
ской области на основе учета аэросиноптиче-
ских и спутниковых материалов // Итоговый
технич. отчет по Проекту о выполнении ра-
бот в период с 01 сентября 2010 г. по 31 авг.
2012 г. / Руководитель Г.В. Соколова. Хаба-
ровск: ИВЭП ДВО РАН, 2013. 75 с.
 14. Руководство по гидрологическим прогно-
зам. Прогнозы ледовых явлений на реках и
водохранилищах. Л.: Гидрометеиздат, 1989.
Вып. 3. 168 с.
 15. Семененко (Соколова) Г.В. Методика долго-
срочного и краткосрочного прогнозов сроков
разрушения льда на крупных водохранилищах
Дальнего Востока: автореф. дис. ... канд. гео-
гр. наук. Гидрометцентр СССР. М.:, 1987. 25 с.
 16. Соколова Г.В. Лесопожарная обстановка в
районах Дальнего Востока на основе учета
влияния процессов в океанах и атмосфере //
Региональные проблемы. 2013. Т. 16, № 2.
С. 78–83.
 17. Соколова Г.В. Долгосрочный прогноз опас-
ности лесных пожаров в Хабаровском крае,
Еврейской автономной области и Амурской
области на основе учета состояния океанов и
атмосферы // Пожары в природе как биосфер-
ное явление: монография. Биробиджан: ФГ-
БОУ ВПО «Амурский госуниверситет», 2013.
С. 77–127.
 18. Соколова Г.В. Метод долгосрочного прогноза
показателей пожарной опасности в лесах При-
амурья на основе учета параметров атмосфер-
ной циркуляции // Известия высших учебных
заведений. Лесной журнал. 2014. № 5. С. 50–62.
 19. Соколова Г.В. Анализ водного режима Амура
за период до катастрофического наводнения в
2013 г. // Метеорология и гидрология. 2015. №
7. С. 66–69. (DOI) 10.3103/S1068373915070067.
 20. Соколова Г.В. Амур мелеет. [Электронный
ресурс]. 28 дек. 2015. URL: [http://ecodelo.org/
rossiyskaya_federaciya/dalnevostochnyy_fo/
habarovskiy_kray/39375-amur_meleet-statia](http://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/dalnevostochnyy_fo/habarovskiy_kray/39375-amur_meleet-statia)
(дата обращения: 11.03.2016).
 21. Соколова Г.В., Макогонов С.В. Разработка
методики лесопирологического прогноза (на
примере Дальнего Востока) // Метеорология и
гидрология. 2013. № 4. С. 12–18.
 22. Соколова Г.В., Тетерятникова Е.П. Проблемы
долгосрочного прогнозирования пожарной
опасности в лесах Хабаровского края и Еврей-
ской автономной области по метеорологиче-
ским условиям. Хабаровск: ДВО РАН, 2008.
150 с.
 23. Софронов М.А. Система пирологических
характеристик и оценок как основа управле-
ния пожарами в бореальных лесах: автореф.
дис. ... д-ра с.-х. наук. Красноярск: ВНИИ-
ПОМлесхоз, 1998. 60 с.
 24. Тетерятникова Е.П. Проблемы долгосроч-
ных гидрологических прогнозов в бассейне
р. Амура на основе аэросиноптических мате-
риалов. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 104 с.
 25. Тетерятникова Е.П., Соколова Г.В. О долго-
срочном прогнозе дат начала осеннего ледохо-
да на реках бассейна Амура // Труды ДВНИГ-
МИ. 1977. Вып. 69. С. 23–36.
 26. Ходаков Б.Е., Жариков М.В. Лесные пожары:
методы исследования. Херсон: Гринь Д.С.,
2011. 470 с.
 27. Экстремальные паводки в бассейне р. Амур:
причины, прогнозы, рекомендации. М.: Росги-
дромет, 2014. 207 с.

The author offers a brief review of publications by Russian scientists, which characterizes a current state of research in the field of long-term forecasting of natural phenomena and processes that depend on the weather: hydrological phenomena on rivers of the Amur basin, and conditions for the emergence of fire risks in the forests of the Amur region. The author also pays his attention to the analysis of new research results obtained in that direction in recent years. They would promote acceleration of these important problems solution in the future.

Keywords: Amur region, current state of long-term hydrological and forest fire forecasts.