

Глава IV

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНОЙ СФЕРЫ

4.1. СЕЙСМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Землетрясения по своим разрушительным последствиям и количеству человеческих жертв занимают одно из первых мест среди природных катастроф. Высокоразвитые страны, территориально находящиеся в сейсмоактивных районах, стремятся снизить последствия землетрясений за счёт систематического сейсмического мониторинга, сейсмостойкого строительства, долгосрочного и среднесрочного прогноза землетрясений и превентивных мероприятий, направленных на повышение безопасности населения и производственной инфраструктуры.

Учитывая высокую сейсмическую опасность и катастрофические последствия имевших место землетрясений (Спитакское 1988 г., Корякское 1991 г., Нефтегорское 1995 г. и др.), Правительство Российской Федерации постановлениями от 11 мая 1993 г. № 444 и от 3 ноября 1994 г. № 1207 приняло Федеральную целевую программу «Развитие федеральной системы сейсмических наблюдений и прогноза землетрясений на 1995–2000 годы». О серьезности проблемы сейсмической опасности свидетельствует принятие 6 мая 1999 г. Межгосударственной научно-технической программы создания системы сейсмологического мониторинга территорий государств-участников СНГ на 1999–2001 гг. Накопленный в международной геофизике опыт свидетельствует, что принципиальное значение для успешного решения задач определения места, времени и мощности ожидаемого землетрясения имеет не только методология обработки сейсмологической и геофизической информации, но и комплексный многоцелевой сейсмологический мониторинг, обеспечивающий непрерывный сбор прогностических данных в пространстве и времени.

Южная часть средней Сибири, включающая юг Красноярского края, Республики Тыва, Хакасия, Алтай, юг Кемеровской области, располагается в области сочленения Алтае–Саянской и Байкальской сейсмических зон, входящих в Трансазиатский сейсмический пояс. По интенсивности и опасности сейсмичность Алтае–Саянской зоны находится на третьем месте в России (после Дальнего Востока и Прибайкалья). Сейсмичность Республики Тыва достигает 8–10 баллов, уменьшаясь к широте Красноярска (Красноярская промышленная агломерация) до 7–8 баллов и района Саяно-Шушенской ГЭС до 8–9 баллов. Алтае–Саянская и Байкальская сейсмические зоны отличаются широким развитием современного вулканизма, частыми землетрясениями (от 3–4 до 9–10 баллов), обилием термальных, часто радоновых источников.

Опасность сейсмической активности юга Красноярского края, Хакасии и особенно Тувы, а также районов г. Красноярска, Саяно–Шушенской, Красноярской ГЭС и района Железногорска многими недооценивается, поскольку здесь вполне вероятно воздействие и слабых местных, и удаленных сильных землетрясений. К последним относится, например, сильнейшее девятибалльное Баянгольское землетрясение, случившееся на восточной границе Тувы с Монголией в декабре 1991 г. Колебания от него ощущались в регионе вплоть до Абакана.

Непосредственно в районе Красноярска одно из последних землетрясений силой до 7 баллов, судя по архивным материалам, наблюдалось 10 июня 1858 г. Ряд геологических данных указывает на то, что максимальная сила возможных землетрясений в регионе может быть выше на 1–2 балла. Весьма актуально это обстоятельство для особо опасных объектов. Известно, что даже отголоски удаленных землетрясений, вызывающих сотрясение на уровне 3–4 баллов, могут вызвать катастрофические негативные последствия. Прямой ущерб при возникновении землетрясений силой 6–7 баллов в Красноярской промышленной агломерации по оценкам специалистов Главного управления ГОЧС края составит около 5,0 миллиардов рублей.

Долгосрочный прогноз сейсмоопасности подтвердило землетрясение, произошедшее 27.10.2000 г. на территории Саянского района на юго-востоке Красноярского края. Обследование эпицентральной зоны землетрясения, проведенное специалистами Красноярского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья, Института земной коры СО РАН (г. Иркутск), Института геофизики СО РАН (г. Новосибирск), Алтайской сейсмологической экспедиции и Главного управления ГОЧС показало, что интенсивность сотрясений достигала 5–6 баллов в поселках Агинское, Тугач, Орье и 6–7 баллов – на прииске Караган. Полученные данные указывают, что после длительного перерыва возобновилась очередная сейсмическая активность зоны Главного Саянского глубинного разлома. Северо-восточное окончание разлома прослеживается до районов Красноярско–Железногорско–Дивногорской промышленной агломерации с их опасными производствами. Это указывает на повышение вероятности появления очередных сильных землетрясений, которые способны нанести значительный ущерб в указанных районах с серьезными социально-экономическими и экологическими последствиями.

В южной, сейсмоопасной части Красноярского края, располагаются более 300 опасных объектов, которые при воздействии на них землетрясений могут стать источниками катастрофической опасности для населения и территорий. На юге края расположено 18 городов, в которых осуществляют работу 80 химически опасных объектов. Большая концентрация химически опасных веществ существует на железнодорожных узлах и участках железной дороги. В зонах возможного поражения при авариях на химически опасных объектах может оказаться территория общей площадью 60093 кв. км с населением 1645 тысяч человек. Опасны воздействия землетрясений на краевые объекты топливно-энергетического комплекса, радиационно-опасные объекты, магистральные нефтепроводы и газопроводы.

Активизация разломов в геологической среде, служащей барьером между реками Енисей, Кан и полигоном «Северный» Горно-химического комбината, может привести к утечке радиоактивных отходов в реку Енисей, то есть к экологической катастрофе. Последствия землетрясений в 7–8 баллов в районе Саяно–Шушенской ГЭС и вблизи г.г. Дивногорска или Красноярска могут быть трагичными для населения и инфраструктуры края. В случае разрушения плотины Красноярской ГЭС при сейсмическом воздействии в зону затопления попадает 6 городов, включая г. Красноярск и 112 населенных пунктов с населением 986,8 тыс. чел. Общая площадь затопления составит 6,8 тыс. кв. км, в том числе 1,3 тыс. кв. км – сельхозугодий. Даже сравнительно слабые сейсмические события (3–4 балла) в районах с потенциальной оползневой опасностью (район Верхних Черемушек в г. Красноярске с 20-ти тысячным населением, берега водохранилища Саяно–Шушенской ГЭС и др.) являются опасными.

Южная часть Красноярского края в настоящее время не имеет системы сейсмических наблюдений. На юге Красноярского края, в Республиках Тыва и Хакасия в настоящее время имеются 7 сейсмостанций с устаревшим оборудованием. Между тем, в Республике Алтай и юге Новосибирской области создана современная система сейсмологических наблюдений на базе 15 сейсмостанций. В Иркутской и Читинской областях существует современная система

сейсмологического мониторинга на базе 23 станций. Собственные центры сейсмического мониторинга имеются также в Республиках Бурятия и Саха (Якутия).

В крупных российских сейсмологических центрах, таких, как Объединенный институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва), Институт земной коры СО РАН (г. Иркутск), Институт геофизики СО РАН и Геофизическая служба СО РАН (г. Новосибирск) в течение нескольких десятков лет создана методология регистрации и анализа сейсмологической информации, разработано программно-методическое обеспечение расчетов параметров сейсмических явлений, сейсмического районирования и оценок сейсмической опасности. Разработаны и испытаны современные технические средства для обеспечения сейсмического мониторинга. Этот научно-технический потенциал должен быть использован и внедрен при организации системы сейсмологического мониторинга в Красноярском крае. Достаточно, не вкладывая средства в разработку методологии сейсмического мониторинга, провести работы по проектированию сейсмической сети наблюдений геофизической среды Красноярского края, техническому и программному обеспечению сейсмических станций и локального центра обработки сейсмологической информации в г. Красноярске, после чего будет возможным включить Красноярскую систему сейсмологического мониторинга в Федеральную систему сейсмологических наблюдений (ФССН). Это позволит ежедневно получать информацию о сейсмической обстановке не только от сети сейсмических станций Красноярского края, но и обработанную сейсмологическую информацию, прогнозы возможных землетрясений обширного региона южной Сибири, включая юг Красноярского края, Иркутскую, Новосибирскую области, Алтайский край, Республику Бурятия. Сейсмологические прогнозы необходимы всем структурам МЧС России и края, административным и правоохранительным органам.

Уточнение карт сейсмического районирования Красноярского края является необходимым этапом для оценки сейсмической опасности и сейсмического риска от воздействия землетрясений на опасные объекты, производственную и социальную инфраструктуру края. На основе сейсмического районирования и оценок сейсмического риска следует провести расчеты сейсмической устойчивости промышленных объектов, зданий и сооружений, подготовить мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в случае землетрясений.

Согласно исследованиям сейсмоактивности южной части Красноярского края, проведенным сейсмологами Байкальской и Алтае–Саянской сейсмологических экспедиций, на территории края в конце XIX века зарегистрированы 6–7 балльные разрушительные землетрясения (литературные данные). После этих сейсмических событий, которые произвели «разгрузку» напряженных тектонических плит, на территории края вдоль тектонических разломов регистрировались сейсмические явления мощностью 1–4 балла, что свидетельствует о накоплении упругих напряжений и повышении вероятности возникновения более мощных сейсмических событий (до 7–8 баллов). Анализ нормативных карт ОСР–97 подтверждает высокую вероятность сейсмической опасности на юге Красноярского края. Следовательно, организация сейсмологического мониторинга геологической среды Красноярского края является весьма актуальной и своевременной задачей.

В настоящее время разработана и утверждена в Законодательном Собрании Красноярского края краевая целевая программа «Сейсмотехника Красноярского края на 2001–2005 годы».

Целью программы является обеспечение требуемого уровня безопасности населения, производственной и социальной инфраструктуры на сейсмоопасных территориях Красноярского края. Для достижения поставленной цели предусматривается решение ряда комплексных задач.

***Геолого-геофизическое изучение глубинного строения
восточной части Алтае–Саянской сейсмической области
в пределах южной части Красноярского края***

Для детальной характеристики глубинного строения региона необходимо провести исследование геологического строения исследуемой территории, физических свойств горных пород, геофизических полей, тектоники. С этой целью целесообразно проведение следующих работ:

1. Выполнение комплекса геолого-геофизических работ по сети региональных профилей (геотраверсов) с применением методов общей глубинной точки и глубинного магнитно-теллурического зондирования, а также геотермических методов в сопровождении целенаправленных геолого-геоморфологических (в том числе геодезических) исследований на базе современных достижений.

2. Продолжение геолого-геофизических исследований на территории горных отводов опасных по сейсмичности объектов (Красноярская ГЭС, Горно-химический комбинат, Красноярская агломерация и др.), а также проведение комплекса научно-исследовательских работ в высокосейсмичных зонах, где чаще всего локализуются эпицентры землетрясений силой 9–10 баллов и выше. Эти исследования должны быть направлены на выяснение связи землетрясений с тектоническими структурами, в том числе с глубинными разломами; изучение неотектонических процессов; исследование особенностей и закономерностей расположения эпицентров землетрясений; уточнение геологического строения и степени сейсмичности региона; совершенствование методов выделения сейсмически активных разломов и методов сейсмического районирования.

***Сейсмическое районирование южной части
Красноярского края и территорий крупных
промышленных агломераций***

Обязательным шагом, необходимым для оценки долгосрочной сейсмической опасности и сейсмического риска, является сейсмическое районирование. Сейсмическое районирование может быть общим (ОСР, масштаб 1:5000000 – 1:2500000), детальным (ДСР, масштаб 1:500000 – 1:1000000) и микросейсмическим (МСР, 1:500000 и крупнее). Весьма сложной проблемой является выявление сейсмогенерирующих структур – вероятных очагов землетрясений (ВОЗ), от решения которой зависят достоверность и надежность карт сейсмического районирования и оценка сейсмической опасности. Зоны ВОЗ, как правило, подчинены долгоживущим сейсмоактивным разломам. Анализ карт сейсмического районирования и карт размещения промышленных центров и плотности населения позволят выделить наиболее сейсмоопасные районы и участки юга края.

***Организация сейсмологического мониторинга
сейсмоактивных зон Красноярского края***

На основе геодинамического анализа геологической среды и карты сейсмического районирования с учетом территориального размещения промышленной и социальной инфраструктуры должны быть определены наиболее важные районы для организации сейсмического мониторинга. Выбор мест размещения сейсмостанций является достаточно ответственной задачей, поскольку от этого впоследствии будет зависеть качество сейсмологической информации.

Сеть сейсмостанций должна быть выбрана с учетом одновременной регистрации четырьмя-пятью станциями сейсмических сигналов, что повысит достоверность и надежность оценки сейсмической опасности и прогнозов возможных землетрясений. Техническое проектирование системы регистрации, обработки и передачи сейсмической информации должно быть выполнено с учетом опыта разработки и эксплуатации

сейсморегирующего оборудования крупными российскими сейсмологическими центрами.

Учитывая экономическую ситуацию, сложившуюся в Красноярском крае, целесообразно организовать поэтапный, последовательный ввод в эксплуатацию сейсмических станций на территории Красноярского края.

На первом этапе (2001 г.) необходимо обеспечить сейсмологический мониторинг промышленной агломерации, включающей города Красноярск, Дивногорск, Железногорск. В г. Красноярске в декабре 1999 г. введена в эксплуатацию сейсмостанция «Красноярск». В г. Железногорске действует ведомственная сейсмостанция ГХК. Достаточно доукомплектовать эту сейсмостанцию необходимой цифровой аппаратурой и телекоммуникационной системой связи для включения ее в краевую и региональную сейсмическую сеть. Для организации системы сейсмического мониторинга Красноярской промышленной агломерации необходимо установить сейсмостанции: в г. Дивногорске (в районе Красноярской ГЭС), четвертую сейсмостанцию в южном направлении от г. Красноярска – в Березовском или Манском районе (Первоманск); пятую станцию – в северном направлении от Красноярска (Кубеково, Раскаты). Эта сеть станций позволит начать полноценный, ограниченный в пространстве сейсмический мониторинг.

На втором этапе планируется расширить сейсмическую сеть за счет действующих сейсмостанций на Саяно–Шушенской ГЭС, в п. Мина, Арадан, (юг Красноярского края), Верхняя База, Черемушки (Хакасия); Тээли, Эрзин, Тоджа (Тыва). Потребуется дооснащение этих станций современным цифровым сейсмическим оборудованием и телекоммуникационными системами связи.

Вся сейсмологическая информация должна поступать в Красноярский информационно-обработывающий центр для предварительной обработки и оперативной передачи сводки о сейсмическом состоянии среды в региональный информационно-обработывающий центр Геофизической службы СО РАН (г. Новосибирск), а также в Сибирский региональный центр МЧС России и Главное управление по делам ГО и ЧС при администрации Красноярского края.

Существующие в настоящее время в Красноярском крае телекоммуникационные системы с использованием спутниковых, волоконно-оптических и радиорелейных каналов, позволяют при достаточном финансировании обеспечить устойчивый режим прием-передачи сейсмологической информации и получать ежедневную оценку сейсмической опасности на территории Красноярского края с учетом данных сейсмостанций Республик Хакасия и Тыва, Иркутской и Новосибирской областей.

4.2. ПРОБЛЕМЫ ПАВОДКОВ И ЗАТОПЛЕНИЙ

Одним из приоритетных направлений государственной водохозяйственной политики является предупреждение и снижение вредных воздействий паводков, наводнений и подтопления территорий, что особенно актуально для территорий Красноярского края в связи со значительными ущербами, которые эти явления наносят экономике края (*рис. 4.1*). Только за последние шесть лет сумма ущерба от вредного воздействия паводковых вод на территории края составила около 650 млн. руб. (в ценах 2000 г.). Известно, что реальные размеры ущербов от чрезвычайных ситуаций, как правило, многократно превышают официальные оценки и суммы компенсаций.

Наибольшую опасность для Красноярского края представляют наводнения в период весеннего половодья и ледохода на реках, летне-осенние высокие дождевые паводки, высокие уровни воды при установлении ледостава, а также затопления местности, связанные с разрушением плотин водохранилищ, размывом защитных дамб.

4.2.1. Наводнения от снеготаяния с элементами затора в период весеннего вскрытия рек

Наиболее значимыми реками, протекающими по территории края, являются Енисей, Ангара, Подкаменная Тунгуска, Нижняя Тунгуска, Чулым, Бирюса, Кан, Туба и др. (*табл. 4.1*). Всего же в пределах края насчитывается около 200 тыс. рек, среди которых 92% водотоков имеют длину до 10 км. Притоки Енисея составляют около 60% рек, Оби – около 30%, Ангары – 9%.

Большое разнообразие природных условий обуславливает различие гидрологического режима рек края. В количественном соотношении на рассматриваемой территории преобладают лесные и горно-таежные реки с характерными для них глубокой зимней меженью, высоким весенним половодьем, и довольно частыми дождевыми подъемами, прерывающимися летне-осеннюю межень. Зимняя межень продолжается, как правило, с декабря по март–апрель, весеннее половодье – с апреля–мая по июнь–июль, летне-осенняя межень – с июля по октябрь.

Большинство рек имеют преимущественно снеговое и снегодождевое питание (около 60–80%), подземное питание составляет 10–20% (в горных районах до 30–40%). За весенне-летний период проходит 65–85%, а за период летне-осенней и зимней межени в совокупности – 15–35% годового объема стока (*табл. 4.1*).

Весеннее половодье раньше всего начинается на равнинных реках южных степных и лесостепных районов Красноярского края – в конце марта–первых числах апреля. Процесс таяния снега постепенно распространяется на горные районы и в северном направлении. Фронт снеготаяния и наступления половодья на реках перемещается с юга на север со скоростью примерно 30–50 км за сутки. В среднем за 60 дней (апрель и май) он успевает продвинуться на расстояние свыше 1500 км. К концу мая весеннее половодье охватывает бассейны Хатанги, Пясины и других рек, а в горах Саян оно начинается на водосборах рек, расположенных на высотах 2000–3000 м.

Максимальные расходы воды (*табл. 4.2*) на степных реках в южных районах наблюдаются в середине апреля, у высокогорных рек – в конце мая–начале июня. У водотоков Среднесибирского плоскогорья максимумы приурочены к первой половине июня, а у рек Таймыра – к концу июня–началу июля. Подъемы уровня воды в период половодья составляют от 3 до 7 и более метров. При заторном характере вскрытия рек происходит дополнительный подъем уровней еще на 2–3 метра.

Более чем за тридцатилетний период наблюдений отмечено превышение критического уровня, выше которого начинается значительное затопление населенных пунктов, на р. Оя у с. Ермаковское – 10 раз, на р. Туба у с. Бугуртак – 12 раз, на р. Кан у г. Канска – 12 раз, на р. Большой Пит у базы Брянка – 4 раза, на р. Енисее у г. Дудинки – 19 раз.

Основными факторами, формирующими катастрофические половодья, являются большие снегозапасы (150–200% нормы) на речных водосборах, устойчивая холодная зима без оттепелей, позднее и дружное снеготаяние. Такие условия наблюдались в 1916, 1936, 1937, 1941, 1966 гг. в бассейне Верхнего и Среднего Енисея, в 1959 г. – на Нижнем Енисее и его притоках, в 1990 г. – в бассейне Нижней Тунгуски (*табл. 4.3*).

Так, катастрофическому наводнению 1966 г., имевшему место в бассейне Верхнего и Среднего Енисея предшествовала исключительно многоснежная зима. К концу зимы запас воды в снеге составил здесь 200–250% нормы и почти повсеместно превышал ранее наблюдавшиеся максимальные значения на 20–50%. В течение зимы температура воздуха была на 1–2° ниже нормы. Переход температуры воздуха весной через 0° в южных районах края произошел только в конце апреля (средняя дата 15 апреля). В период формирования первой волны половодья (первая половина мая) наводнения были почти на всех реках.

В бассейне р. Чулым (Балахтинский, Назаровский, Большеулуйский, Бирилюсский районы) в мае 1966 г. были подтоплены почти все населенные пункты, расположенные по берегам реки. Река вскрывалась с заторами льда. Было разрушено много мостов, размыты участки дорог. В бассейне р. Тубы при вскрытии средних и малых рек было подтоплено 28 населенных пунктов, разрушены мосты, размыты дороги (Курагинский, Каратузский районы). В бассейне р. Кан, также вскрывшейся с заторами льда, было подтоплено 30 населенных пунктов (Канский, Ирбейский районы). Был снесен железнодорожный мост через р. Большая Уря, в результате на 3 дня было остановлено движение по Транссибирской магистрали. В результате наводнения на участке Енисея от г. Абакана до г. Красноярск было полностью или частично затоплено около 25 населенных пунктов, в т. ч. частично г. Красноярск. Ниже Красноярск на Енисее особенно пострадали селения Ермолаево, Есаулово, Кубеково, Песчанка, Казачинское и другие. Всего по краю было разрушено или повреждено 270 автодорожных мостов.

Образование заторов льда при вскрытии рек весной – характерное явление для многих рек Красноярского края. Наводнения от талых вод с элементами затора льда при вскрытии рек чаще всего наблюдаются на отдельных участках реки, характеризующихся сложной конфигурацией русла (наличие островов, крутых поворотов и излучин, сужений). При этом существенное значение имеют также условия замерзания реки, погодные особенности зимнего периода, условия весеннего периода. Наиболее затороопасными в Красноярском крае являются участки рек: Кан, Чулым, Тасеева, Туба, участок р. Ангара ниже с. Богучан, р. Енисей ниже г. Енисейска, устьевые участки Подкаменной и Нижней Тунгуски (*рис. 4.1*).

Повторяемость образования заторов льда при весеннем ледоходе составляет на р. Туба у с. Бугуртак – 38%, на р. Кан у с. Подпорог – 41%, на р. Кан у г. Канска – 30%, на р. Большой Пит у базы Брянка – 40%, на р. Подкаменная Тунгуска – устье – 58%, на р. Нижняя Тунгуска у факт. Большой Порог – 88%, на р. Чулым у с. Балахта – 6%, на р. Тасеева у с. Машуковка – 48%. До ввода в эксплуатацию Енисейских и Ангарских гидроэлектростанций повторяемость заторов на Енисее у г. Енисейска составляла 85%, у с. Назимово – 89%, у с. Ярцево – 97%, у с. Ворогово – 98%; на р. Ангаре у с. Богучан – 62%, у д. Каменка – 57%.

На участке р. Енисей от Красноярской ГЭС до г. Енисейска после создания водохранилища отмечено снижение уровней весеннего половодья на 1,5–3 метра, включая уровни воды заторного происхождения, которые постепенно увеличиваются до естественных значений.

Основная часть весеннего стока рек, впадающих в Красноярское водохранилище, аккумулируется в нем и поэтому ниже ГЭС в период с апреля по июль расходы воды в 3–4 раза меньше, чем при естественном режиме. Это ликвидирует опасность весенних наводнений в г. Красноярске и других населенных пунктах, при этом снизилась повторяемость весенних заторов в нижнем бьефе ГЭС (*табл. 4.4*).

Как свидетельствуют данные *табл. 4.2* и *4.3*, высшие уровни весеннего половодья при заторном вскрытии на р. Кан у с. Ирбейское, на р. Туба у с. Бугуртак, на р. Тасеева у с. Машуковка, на р. Чулым у с. Балахта, на Енисее и Ангаре одновременно являются наивысшими за весь период наблюдений на этих реках.

Катастрофическим за весь период наблюдений был уровень половодья в 1999 г. на Енисее у с. Ворогово, вызванный образованием мощного затора льда ниже села. Образованию весеннего затора благоприятствовали и следующие факторы:

- особенности строения речного русла (многоостровье, сужения и резкие повороты русла на участке р. Енисея от с. Ярцево до Осиновских порогов);
- условия замерзания реки;
- погодные условия зимнего периода;
- условия весеннего вскрытия реки.

Ледостав на р. Енисей у с. Ворогово осенью 1998 г. установился 8 ноября – на 10 дней раньше средних сроков. Суммарные сбросы Красноярской и Усть-Илимской ГЭС, с учетом времени добегания, на эту дату составляли порядка 5000 м³/с. Нарушений режима сбросов ГЭС в период замерзания реки на рассматриваемом участке не было (режим сбросов регламентируется проектом: «Основные положения правил использования водных ресурсов Ангаро–Енисейского каскада ГЭС»). Ледостав установился при уровне 440 см над нулем графика поста (что выше среднего многолетнего на 1 м), без значительных подвижек льда.

Весной 1999 г. вскрытие р. Енисей у с. Ворогово произошло 9 мая, на 1–4 дня раньше обычного из-за аномально высоких температур воздуха (+25 ... +30°C). Резкое потепление, с высоким фоном среднесуточной температуры воздуха, превысившим многолетнюю норму на 6–8 градусов, обеспечило интенсивное снеготаяние и резкое увеличение боковой приточности к р. Енисей. Основная волна снегового половодья на участке р. Енисей ниже г. Енисейска на 75% формировалась за счет бокового притока талых вод и лишь на 25% за счет сбросов ГЭС. Так, весной 1999 г. боковой приток составил 22300 м³/с, а суммарные сбросы ГЭС – 5700 м³/с.

К моменту начала резкого потепления лед не был ослаблен воздействием солнечной радиации. Вскрытие реки началось по наиболее неблагоприятному «заторному» варианту. Произошло быстрое взламывание еще прочного ледяного покрова с остановкой его продвижения в островах и каменных грядах в русле реки в 18 км ниже села, в районе Осиновского многоостровья. От образовавшегося ледового затора 9–10 мая произошло превышение уровня воды у с. Ворогово выше критической отметки на 4,6 м (максимальный наблюдаемый уровень составил 1503 см при критическом уровне 1040 см). Затор привёл к затоплению пониженных мест территории села. 9 мая, при повышении уровня, огромные льдины устремились по протоке Заимочный Шар, повреждая или полностью разрушая жилые дома в западной и северо-западной части села.

По заключению экспертизы, ущерб от наводнения составил 51,3 млн. руб. На 80% был затоплен населенный пункт (1417 чел.), эвакуировано 773 чел., разрушено 25 домов, 9 домов полностью снесено, разрушено 30% ЛЭП, дизельная электростанция, уничтожена звероферма серебристых лис, погибло 650 голов домашнего скота.

4.2.2. Наводнения от дождевых паводков

Дождевые паводки являются характерным явлением для режима рек Красноярского края. Разнообразие природных условий отдельных районов проявляется в различной продолжительности, сроках начала и окончания, высоте подъемов воды и объемах стока за паводок. Подъемы уровней воды от дождей достигают 50–100 см на реках лесостепных и степных районов и 150–550 см на реках горных районов края. Дождевые паводки, как правило, носят локальный характер и наводнения от них не распространяются на большие территории. Чаще всего они бывают в южных районах края, на реках Канско–Манского Белогорья, редко на левобережных притоках ниже г. Красноярска.

Классическим примером является катастрофическое наводнение от сильных ливней, прошедших в августе 1960 г. в бассейнах Маны, Бирюсы, Кана и некоторых других менее значительных рек края, имеющее разрушительный характер.

Интенсивный ливень, охвативший территорию около 200 000 км², был фронтального происхождения. Фронтальная зона была ориентирована с района Семипалатинска на районы бассейна Среднего Енисея; вдоль нее смещалась серия циклонов, вызвавших обильные осадки. В верховьях рек Кана, Агула, Бирюсы, Поймы, Маны и других дождь шел с 30 июля по 5 августа без длительных перерывов. За семь суток выпало 2–3 нормы месячных осадков летнего периода.

Холодное и дождливое лето 1960 г. обусловило повышенное увлажнение почвы перед началом августовского паводка, что способствовало образованию повышенного стока дождевых вод. Обильные повсеместные осадки, местами ливневые, привели к образованию большого поверхностного стока и интенсивному подъему уровней воды в реках. Высота подъема уровней воды над меженью достигала на малых реках 1,5–2 м, а на более значительных реках 4–5 м. Подъем уровней вызвал небывалый для этого района разлив рек и привел к затоплению населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, расположенных на поймах и в долинах рек. Особенно пострадал г. Канск, где было затоплено больше половины территории города.

Данное наводнение превышает по подъему уровней все наблюдавшиеся максимальные уровни весенних половодий и летне-осенних паводков на р. Кан у г. Канска (*табл. 4.2*), на р. Агул у с. Петропавловка, на р. Кунгус у с. Ильинка и относится к паводкам очень редкой повторяемости, оцениваемой приближенно как 1 раз в 200 лет.

4.2.3. Наводнения в период установления ледостава

На реках края ежегодно в октябре-ноябре образуется ледостав, которому предшествует период замерзания (возникновение заберегов, появление шуги, ледохода). Под ледяным покровом нередко образуются зажоры, в результате чего русло забивается шугой, и площадь живого сечения сокращается на 40–60%. При установлении ледостава и образовании зажоров уровни воды на реках резко поднимаются, а при особенно высоких подъемах вода выходит их берегов, затопляя прибрежную местность.

Наиболее актуальной эта проблема становится в период установления ледостава на основных водных артериях Красноярского края – реках Енисее и Ангаре, особенно после ввода в эксплуатацию Красноярской и Усть-Илимской ГЭС. В зимний период в нижних бьефах этих ГЭС образуется протяженная полынья (105–330 км). В районе кромки ледостава из-за резкого сжатия русла возникают подпорные явления, сопровождающиеся резкими подъемами уровней воды (до 7–9 м), особенно значительными в условиях нестабильного режима ледообразования, вызванного изменением погодных условий и сбросов ГЭС. Характерным явлением при замерзании Енисея и Ангары стали подвижки льда, наблюдаемые в начальный период ледостава (первые 5–10 дней).

Начальный период ледостава сопровождается значительными подъемами уровня воды, которые составляют на участке р. Енисей с. Ярцево–с. Назимово 4–8 метров, у г. Енисейска 5–9 метров, у с. Казачинское и на вышерасположенном участке 4–6 метров. До строительства ГЭС такие подъемы составляли 2–4 метра. В результате подвижек льда происходит дополнительный подъем (на 1–3 метра) и без того высоких уровней воды.

Со времени ввода в эксплуатацию Красноярской ГЭС на Енисее и ряда ГЭС на Ангаре (Иркутской, Братской, Усть-Илимской) отмечается ежегодное образование зажоров на участке среднего течения р. Енисей, в то время как в обычных условиях повторяемость зажоров составляла: у с. Казачинское – 6%, у г. Енисейска – 83%, у с. Назимово – 42%, у с. Ярцево – 25%. Сдвинулись и сроки образования зажоров: они стали появляться позднее – в декабре–январе, тогда как до зарегулирования реки зажоры наблюдались в ноябре–декабре. Максимальные зажорные уровни на участке реки Енисей от Красноярской ГЭС до с. Ярцево стали более высокими. Так, у с. Казачинское отмечен максимальный зажорный уровень в зарегулированных условиях – 717 см (1972 г.), в естественных – 346 см (1936 г.); у г. Енисейска соответственно 1030 см (1984 г.) и 704 см (1917 г.); у с. Назимово – 910 см (1984 г.) и 405 см (1918 г.); у с. Ярцево – 1036 см (1977 г.) и 716 см (1938 г.).

Резкие подъемы уровней воды в периоды подвижек кромки ледостава, образования зажоров вызывают подтопления населенных пунктов и хозяйственных объектов, расположенных по берегам рек. Случаи подтопления имели место в зимнее время в г. Енисейске в 1978, 1980, 1984, 1989 гг.; в с. Стрелка в 1981, 1984 гг.; в с. Казачинское и с. Галанино в 1971, 1972, 1980 гг.; в п. Предивинск в 1978, 1985 гг.; у с. Кононово в 1974, 1977 гг.; у с. Павловщина в 1990 г.

Особенно мощные осенние шуго-ледяные зазоры образуются в годы с длительным периодом замерзания реки, когда установление ледостава происходит с подвижками льда или с возобновлением ледохода. Именно в этих случаях, как правило, формируются наиболее мощные весенние заторы льда. Подтверждением сказанному может служить ситуация на р. Енисее, сложившаяся в 1999–2000 гг. на участке с. Назимово–с. Ворогово.

Установление ледостава на участке р. Енисей (Назимово–Ворогово) осенью 1999 г. происходило дважды. Первый раз ледостав установился 21–27 ноября 1999 г., на 1–5 суток раньше средних сроков. Затем 5 декабря произошел срыв кромки ледостава на участке протяженностью 350 км (от 40 км ниже устья Ангары до с. Ворогово). Вторично ледостав на вышеуказанном участке установился уже 6–24 декабря, что на день позже нормы. Причем, в Ворогово это произошло 6 декабря с образованием мощного зазора в 18 км ниже по течению, а в Ярцево ледостав установился 16 декабря, в Назимово – 24 декабря. Длительный период замерзания реки сопровождался подвижками льда, зашуговыванием русла, образованием торосов, навалами льда по берегам реки.

В первый раз ледостав на р. Енисее у Ворогово установился при уровне воды 313 см, у Ярцево – 355 см, у Назимово – 172 см, что ниже обычных на 2,0–3,0 м. Второй раз – соответственно при уровнях воды у Ворогово – 747 см, у Ярцево – 768 см, у Назимово – 649 см, что уже выше обычных на 3,4–4,2 м. Уровни воды при вторичном установлении ледостава на этом участке реки оказались близкими к экстремально высоким за весь период наблюдений. В течение зимы пропускная способность русла несколько увеличилась. Уровни воды понизились в Назимово – на 1,1 м, в Ярцево – на 1,4 м, в Ворогово – остались без изменения. Толщина льда к концу зимы на участке Енисейск–Ярцево была на 10–15 см, а в Ворогово на 30–50 см больше обычной. Таким образом, режим установления ледостава в ноябре–декабре 1999 г. на р. Енисей (Назимово–Ворогово) создал условия для образования заторов льда при вскрытии на указанном выше участке реки.

Стремясь не допустить повторения тяжелых последствий затопления с. Ворогово весной 2000 г., в соответствии с решением Губернатора Красноярского края, Главным управлением ГО и ЧС администрации края с 10 марта 2000 г. до начала паводкового периода было проведено командно-штабное учение по теме: «Организация проведения практических мероприятий по предупреждению паводков в населенных пунктах Ворогово, Зотино Туруханского района». В рамках первого этапа учений выполнены ледемерные работы на участке Зотино–Ворогово, на втором этапе проведены профилактические взрывные работы. Схема профилактических взрывных работ была предложена Комитетом природных ресурсов по Красноярскому краю и согласована представителями заинтересованных организаций. Взрывные работы по предварительному рыхлению льда на 454–503 км р. Енисей в районе н.п. Ворогово и Зотино производились в период с 22 апреля по 7 мая 2000 г. ГП «Красноярсквзрывпром» совместно с работниками ГУ ГО и ЧС администрации края.

При аномалиях весеннего периода (повышенные температуры воздуха, снеготаносы) развитие процессов вскрытия р. Енисей на участке ниже устья р. Ангары происходило следующим образом. В срок, близкий к обычному (17 апреля), начался ледоход на р. Енисей у г. Енисейска. Уровень воды при вскрытии оказался на 2,0 м ниже обычного. Скорость продвижения кромки ледохода на участке Енисейск–Назимово составила 8–13 км/сутки (обычно она составляет 15–20 км/сутки).

Начало ледохода в с. Назимово отмечалось 5 мая, что на 6 дней позже обычного, а подвижки льда на участке Назимово–Ярцево начались 3 мая. Подвижки льда приводили к забивке русла реки ледовым материалом, уменьшению пропускной способности русла и подъемам уровней воды. В с. Назимово уровень воды превысил критическую отметку 5 мая в 22 часа и составил 1185 см (опасный 1050 см). Уровни воды выше критических на 1,0–1,4 м сохранялись в течение 2 дней. Наблюдались незначительные подтопления жилых домов и надворных построек.

Очень сложно происходило вскрытие в с. Ярцево. Уровень воды превысил критический 7 мая в 13 часов и составил 1242 см (опасный 1200 см.). Максимальный заторный уровень наблюдался 12 мая в 7 часов утра и составил 1513 см, что на 3,1 м превысило опасный уровень. Уровни воды выше критических сохранялись до 14 мая. 15 мая в результате искусственного разрушения льда уровень воды упал ниже критического на 3,5 м. В с. Ярцево было подтоплено 90% села, 373 жилых дома. Высота воды в домах составляла 0,2–2,0 м. Полностью была затоплена д. Леднево. Предварительный материальный ущерб от наводнения составил 71,1 млн. руб.

В с. Ворогово подвижки льда начались 9 мая. Сплошной ледоход начался 12 мая и максимальный уровень воды от затора льда составил 1315 см, на 2,8 м превысив критический. Уровни воды выше критических отметок наблюдались 12–13 мая. В эти же дни было затоплено с. Зотино.

В результате искусственного разрушения затора льда 14 мая уровни воды понизились до отметки 1027 см утром, а вечером – до 967 см. В районе Ворогово, где ледоход прошел беспрепятственно, подтопления были незначительными, что во многом было предопределено проведенными с 22 апреля по 13 мая профилактическими взрывными работами. Ледоход образовал отложения льда у берегов шириной до 100–150 м, высотой до 10–15 м. Наблюдались частичные повреждения линий электропередач, подтопления жилых домов, размыв дорог, повреждения мостов, гибель скота. Предварительный ущерб от наводнения в Зотино и Ворогово составил 18,2 млн. рублей.

4.2.4. Наводнения, вызванные увеличенными попусками из крупных водохранилищ в нижние бьефы гидроузлов

Для Красноярского края не менее актуальной является проблема наводнений, связанных с эксплуатацией крупных водохранилищ – Красноярского, Саяно–Шушенского на Енисее и Усть–Илимского на Ангаре. Регулирование стока водохранилищами влияет на гидрологический режим, и как следствие, на природно-хозяйственные условия в нижних бьефах гидроузлов. Инженерные сооружения высокого класса капитальности создают у населения иллюзию надежной защиты и провоцируют быстрый рост несанкционированного строительства на «защищенных» от затопления территориях. При внезапном затоплении таких территорий ущерб нередко оказывается очень высоким. В нижних бьефах ГЭС такие ситуации возможны при вынужденных увеличенных попусках из водохранилищ. Расчетные максимальные расходы в створе Саяно–Шушенской ГЭС составляют 13 300 м³/с, в створе Красноярской ГЭС – 20 600 м³/с, в створе Усть–Илимской ГЭС – 9 670 м³/с. При уровнях, соответствующих этим расходам, возможно значительное затопление поселений и хозяйственных объектов в нижних бьефах гидроузлов.

Сложная ситуация сложилась в августе 1988 г. в нижнем бьефе Красноярской ГЭС в связи с экстремально высоким притоком в водохранилище в третьей декаде июля из-за дождей. В июле на территории края преобладала дождливая прохладная погода, увлажнение почво-грунтов было высоким. В третьей декаде июля 1988 г. в южных районах края прошли

продолжительные дожди, наиболее интенсивные 24–28 июля. Сумма выпавших осадков за тот период была близкой к месячной норме за июль, местами на 20–80% превышала ее. На многих реках Верхнего Енисея 26–31 июля 1988 г. сформировались дождевые паводки с интенсивностью подъема уровня за сутки 1–2 метра, обусловившие экстремально высокий приток в водохранилища Саяно–Шушенской и Красноярской ГЭС.

Суммарный приток в оба водохранилища к 31 июля составлял 14200 м³/с. Во избежание переполнения Красноярского водохранилища возникла необходимость увеличения сбросов в нижний бьеф ГЭС от 3800 м³/с до 12 000 м³/с. Максимальный расход 12 400 м³/с зафиксирован у г. Красноярск 1 августа 1988 г. при уровне 692 см, он является наивысшим за период наблюдений с 1967 по 1999 г.

В связи с резким повышением уровня из-за резко увеличенных сбросов, ниже плотины был разрушен причал завода железобетонных изделий, затоплен пос. Лесников, унесен лес с Манского сплавного участка. Городскому хозяйству нанесен значительный ущерб: унесен лес на Красноярском ДОКе и ЛДК, разрушены запаны, подтоплена территория комбайнового завода (цеха, насосная станция, АЗС и др.), затоплены водозаборы на островах Татышева, Казачьем, в Гремячем логу и др. В совхозе «Красноярский» Березовского района были затоплены поля, насосные станции, дороги местного значения.

Предусмотренный проектом «Основных положений правил использования водных ресурсов Красноярского водохранилища на р. Енисей» максимальный попуск в нижнем бьефе Красноярской ГЭС составляет 13200 м³/с. Однако, при увеличении сбросов ГЭС до 12400 м³/с уровень по водпосту Красноярск превысил допустимый из-за стеснения русла реки (перекрыты и сужены протоки, произведено наращивание прибрежных русловых участков и их застройка). В связи с тем, что ликвидировать несанкционированное строительство не представляется возможным, важное значение для минимизации ущербов от аварийных пропусков в нижний бьеф гидроузлов имеет своевременное оповещение городских служб и населения об ожидаемых изменениях уровней воды.

4.2.5. Разрушения плотин малых водохранилищ

На территории Красноярского края в настоящее время эксплуатируется около 11 тыс. водохозяйственных объектов. В их числе 94 водохранилища с объемом более 1 млн. куб. м, 970 прудов с объемом более 100 тыс. куб. м, 105 объектов – загрязнителей, представляющие экологическую опасность (накопители отходов различных производств), 47 защитных дамб протяженностью 94,2 км, 238 сооружений для очистки и сброса сточных вод, 74 выпуска неочищенных стоков, 164 поверхностных водозабора (из них 25 питьевого назначения). Назначение этих объектов самое разнообразное: для обеспечения водоснабжения сельского хозяйства, населения, для целей орошения сельскохозяйственных угодий, рекреации, рыбоводства, а также для защиты населенных пунктов и промышленных объектов от подтопления.

Острой является проблема обеспечения безопасности гидротехнических сооружений, так как значительная их часть эксплуатируется более 20 лет, требует срочного ремонта и восстановления. Находясь в черте крупных населённых пунктов или выше их по течению рек и являясь объектами повышенного риска, гидротехнические сооружения при разрушении могут привести к катастрофическим затоплениям обширных территорий, населённых пунктов, объектов экономики, гибели людей, длительному прекращению судоходства, сельскохозяйственного и рыбопромыслового производства.

Недостаточное внимание к надзору за состоянием плотин, отсутствие эксплуатационных служб, отсутствие средств на текущий ремонт и восстановительные работы, а также ошибки при устройстве плотин (недостаточная пропускная способность

водосбросных устройств, несовершенные конструкции трубчатых и поверхностных водосбросов, дефекты строительства плотин) приводят к ежегодным их разрушениям. Разрушения и повреждения плотин в основном приходятся на весенний период интенсивного снеготаяния. Только за период с 1995 по 2000 гг. паводками разрушено более 100 малых плотин и защитных дамб.

Наибольшие последствия имело разрушение плотины Лебедевского пруда в Каратузском районе, построенного на реке Джеп (приток р. Каратузки), весной 1998 г. Разрушение плотины и спуск пруда с объемом воды 4,75 млн.м³ произошли 8 апреля 1998 г., что привело к резкому повышению уровня воды в р. Каратузке. Было подтоплено 423 жилых дома в районном центре с. Каратузское, расположенном ниже пруда, размыто более 3,6 км дорожного полотна, разрушен пешеходный мост, пострадало 1234 человека, один человек погиб. Основной причиной разрушения водосброса и примыкающего к нему участка грунтовой плотины, как было установлено при анализе случившегося, явились недостатки конструктивных решений, изменения, внесенные в ходе строительства водосброса в 1987 г. и суровые зимние условия. В результате этого чрезвычайного происшествия экономике края нанесен ущерб в 2,1 млн. руб.

На территории Красноярского края более 40 гидротехнических сооружений на прудах и водохранилищах находятся в аварийном и неудовлетворительном состоянии, требуют капитального ремонта. Все они представляют угрозу населенным пунктам и хозяйственным объектам в период прохождения половодья и паводков. Так, в период весеннего половодья 1999 г. в Абанском и Дзержинском районах было повреждено 14 плотин прудов на реках Усолка, Абан и их притоках. Из-за переполнения прудов и перелива воды через гребни плотин произошло их разрушение и подтопление населенных пунктов, расположенных по берегам рек. Только в этих двух районах края было затоплено 200 жилых домов, размыто около 10 км автомобильных дорог, разрушено 7 мостов. Из-за сбросов воды переполненных прудов продолжительному затоплению подверглись 36 жилых домов в Тасеевском районе, здесь было размыто 3,4 км автодорог, разрушено 2 моста.

Число аварийных сооружений ежегодно увеличивается после прохождения весеннего половодья и летне-осенних паводков. Причиной этому является недостаточное финансирование, а чаще всего полное отсутствие средств, необходимых для приведения водохозяйственных объектов в удовлетворительное состояние. Различного рода ремонтно-восстановительные работы на плотинах, берегоукрепительные работы в районе населенных пунктов должны быть регулярными, чтобы избежать аварийных и даже чрезвычайных ситуаций на водотоках.

4.2.6. Основные направления исследований и мероприятия по защите от паводков и наводнений

Разработанная примерно 30 лет назад методика прогноза максимальных уровней весеннего половодья и притока воды в водохранилища сибирских ГЭС в настоящее время существенно пересмотрена с целью повышения точности и степени детализации прогнозов.

Гидролого-математическая модель формирования стока весеннего половодья базируется на результатах исследования сложной системы гидрометеорологических процессов, которые включают:

- накопление снега в холодный период года в горах и на равнинах, снеготаяние и поступление талой и дождевой воды на поверхность почвы;
- поглощение и задержание воды водоудерживающей емкостью речного бассейна;
- образование динамичного запаса воды на склонах и его сброс в русловую сеть;
- движение воды по руслам к замыкающему створу речного бассейна.

Многофакторность и ограниченные возможности мониторинга этих процессов не дают больших возможностей для применения строгих методов физико-математического описания паводков. Для решения задач оперативного гидротехнического прогноза было предложено использовать технологические возможности наземной станции приема цифровой информации с американских искусственных спутников Земли NOAA, установленной в 1994г. в Красноярском научном центре СО РАН. Было разработано программное обеспечение, позволяющее осуществлять оперативную автоматизированную обработку спутниковых данных о заснеженности речных бассейнов по результатам многозональной космической съемки (АРМ «SNOW»):

- представить на экране цифровое цветное изображение территории в видимом и инфракрасном диапазонах спектра;
- провести географическую коррекцию изображения и совместить его с картой высот рельефа в горизонталях;
- провести классификацию изображения для разделения его на области, покрытые снегом, растительностью и облаками;
- автоматически рассчитать площадь заснеженности территории бассейна и её распределение по высотным зонам.

Полученная информация позволяет проводить расчет снеготаяния в рамках математической модели стока с учетом динамики площадей заснеженности. В настоящее время накапливается опыт использования модели для прогноза притока воды в водохранилище Красноярской ГЭС на декаду, месяц и квартал (Бураков, 1996).

Значительные трудности представляет разработка достаточно надежных методик прогноза высоких уровней воды, вызванных зимними заторно-зажорными явлениями для зарегулированных участков реки Енисей. В трудах сотрудников ИВМ СО РАН рассмотрены математические модели термического и ледового режима реки и выполнены вычислительные эксперименты динамики длины полыньи для нижних бьефов существующих и проектируемых ГЭС Сибири. Модели ИВМ СО РАН требуют задания детальных исходных данных, ограниченность которых и неизбежные упрощения при физико-математической постановке задачи приводят к необходимости проведения специальных исследований. В связи с этим были разработаны сравнительно простые физико-статистические модели, параметры которых определяются по данным многолетних наблюдений, требуют значительно меньшего объема исходных данных и обеспечивают достаточно высокую точность. Модели базируются на исследованиях взаимосвязи элементов зимнего режима (сроков установления ледостава, подвижек льда и подъемов уровней воды) с гидрометеорологическими, ледово-термическими и гидродинамическими характеристиками. В основу положены современные методы гидрофизических расчетов характеристик термического режима рек (теплообмен водной поверхности с атмосферой; расстояние до нулевой изотермы; расходы шуги и др.), а также статистические приемы выявления прогностических зависимостей по данным многолетних наблюдений. Оправдываемость прогноза по предложенной методике составляет 83–92% .

Особую сложность представляют прогнозы максимальных весенних заторных уровней воды. Исследования по прогнозам заторообразования для участка р. Енисей в районе поселков Ярцево–Ворогово в 2000 г. показали, что успешное решение этой задачи возможно на базе расчетных уравнений регрессии для основных показателей, учитывающих условия образования заторов. К ним относятся: расход воды по г. Енисейску на дату вскрытия Енисея у с. Ворогово, сумма положительных температур воздуха от даты перехода через 0°С до даты вскрытия по г. Красноярску, максимальная толщина льда, максимальный уровень при ледоставе, запас воды в снеге и другие.

Дальнейшие исследования по прогнозированию максимальных заторных уровней воды должны включать:

- разработку автоматизированной гидролого-математической модели прогноза расходов воды у г. Енисейска и других створах р. Енисей;
- развитие сети мониторинга на р. Енисей, в том числе восстановление закрытых и создание новых пунктов водомерных наблюдений;
- постановку дополнительных исследований ледохода, зажоров и заторов льда;
- развертывание космического мониторинга ледовых процессов с использованием информации высокого разрешения.

В настоящее время накоплен определенный опыт и разработаны различные методы инженерной защиты от наводнений. К ним относится создание противопаводковых водохранилищ, обвалование русел рек, проведение русловыправительных работ, повышение местности путем подсыпки грунта, дренирование затопляемых территорий, укрепление берегов, искусственное регулирование ледовых явлений на реках в целях борьбы с заторными и зажорными явлениями.

Однако практика показывает, что одни только инженерные мероприятия не могут обеспечить полной защиты от наводнений. Связано это не только с недостаточным противопаводковым строительством, ошибками при его осуществлении или с неразумным ведением хозяйства. Очень часто после сооружения гидротехнических сооружений у людей, живущих на подверженных наводнениям территориях, возникает уверенность, что возможность затопления исключена. Они начинают осваивать новые земли, строят жилые здания и промышленные предприятия, прокладывают дороги. В случае же формирования половодья или паводка редкой повторяемости, возможность которого исключать никогда нельзя, защитные сооружения не способны предотвратить катастрофу и ущерб от затопления многократно увеличивается. Статистика свидетельствует о более высокой повторяемости катастрофических наводнений в регионах позднего освоения, к которым относится и Красноярский край. Решение вопроса видится в регулировании хозяйственного использования пойм и водосборов. Такое регулирование должно базироваться на следующих главных принципах:

- рациональное использование паводкоопасных территорий, при котором ущерб должен быть минимальным;
- возведение надежных и максимально эффективных инженерно-защитных сооружений, минимально нарушающих природную среду;
- использование природных и хозяйственных особенностей территории для защиты от паводков и затоплений;
- охват намечаемыми мероприятиями всего водосбора, а не отдельных его участков.

На основе прогнозирования наводнений предлагается осуществлять зонирование паводкоопасных территорий, критерием которого является повторяемость их затопления паводками различной обеспеченности, и составление карт размеров страхования от наводнений. Значительные ущербы от паводков и затоплений на территории Красноярского края обусловлены тем, что 52 населенных пункта в 14 районах размещены на паводкоопасных территориях. В населенных пунктах среднего течения Енисея, р. Кан и др. изменились в сторону уменьшения критические отметки, выше которых происходит затопление населенных пунктов. Так, если в 1970 г. величина критической отметки уровня воды на Енисее у г. Енисейска была 1200 см, то в 1999 г. – 1050 см, у с. Ярцево соответственно – 1500 см и 1350 см, у с. Ворогово – 1300 см и 1200 см, у г. Игарки – 1900 см и 1800 см, на р. Кан у г. Канска – 450 и 370 см и т. д. Вышеуказанные цифры свидетельствуют о том, что население осваивает территории, которые изначально являются зоной высокого риска. В данном случае для уменьшения величины ущерба от наводнения наиболее приемлемым видится административный метод – полное запрещение хозяйственной деятельности на заведомо опасной территории.

В связи с тем, что наводнение – прежде всего, социально-экономическая проблема, задача регулирования паводков (регулирование ущерба от них) должна быть признана главной целью мероприятий по защите от наводнений.

В 2000 г. за счет средств от платы за пользование водными объектами была разработана краевая целевая программа по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных наводнениями и паводками на период реализации её мероприятий в 2001–2005 гг. Заказчиком программы определено Главное управление по делам ГО и ЧС при администрации края. Координатором и разработчиком программы определен Комитет природных ресурсов по Красноярскому краю.

Главной целью программы является минимизация ущерба от ЧС, вызванных паводками и наводнениями, повышение уровня защиты населения, охрана и рациональное использование земельных и водных ресурсов. Система программных мероприятий включает следующие разделы:

- нормативно-правовое, методическое и информационное обеспечение программы;
- проведение научно-исследовательских работ;
- организация системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- создание страховой защиты от чрезвычайных ситуаций, вызванных паводками и наводнениями;
- выполнение предупредительных работ, включающих: ремонтно-восстановительные работы на плотинах, берегоукрепительные работы, строительство защитных дамб, расчистку и спрямление русел рек;
- природоохранные мероприятия на защищаемой от наводнений территории.

Реализация программы позволит предотвратить ущерб, связанный с разрушением и затоплением жилых домов, производственных объектов, транспортных коммуникаций, сельскохозяйственных угодий, будет способствовать закреплению населения в местах проживания, улучшению качества поверхностных вод и общей экологической ситуации в регионе.

С выходом федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» и Постановления Правительства РФ от 06.11.98 г. «Положение о декларировании безопасности гидротехнических сооружений», в крае началась планомерная работа, включающая инвентаризацию существующих малых гидротехнических сооружений, поднадзорных Министерству природных ресурсов РФ, выявление их собственников, и аварийных объектов. С введением платы за пользование водными объектами появилась возможность начать ремонтные работы на аварийных сооружениях, переданных в муниципальную собственность, включая их в программы мероприятий, финансируемых за счет платы за воду. Ответственность за безопасность гидротехнических сооружений в законодательном порядке возложена на собственников таких сооружений с обязательным представлением деклараций безопасности гидротехнических сооружений. В Министерстве природных ресурсов РФ создана необходимая нормативная база, определен порядок составления деклараций безопасности гидротехнических сооружений и проведения государственной экспертизы деклараций. Эти мероприятия должны способствовать повышению ответственности собственников сооружений за их безопасность, за возмещение ущерба, причиненных их возможным разрушением.

4.3. ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

4.3.1. Лесные пожары на территории Красноярского края

Классификация лесных пожаров

Масштаб воздействия лесных пожаров на биосферу Земли относит их к глобальным явлениям. В бореальных лесах Евразии в экстремальные годы они охватывают до 10 млн. га. Около половины мировой площади бореальных лесов (до 600 млн. га) приходится на Россию. Большая часть их расположена в Сибири. Природные пожары значительно влияют на биоразнообразие, возрастную структуру древостоев, соотношение видов, потоки энергии и биогеохимические циклы в лесных экосистемах. В зависимости от объектов горения различают три основных вида лесных пожаров (*рис. 4.2*): низовые, верховые и подземные. При низовых пожарах может выгорать подстилка и часть гумусового слоя, напочвенный покров, подлесок с кустарниковым ярусом, валеж и оставшиеся после вырубki пни. Наиболее катастрофическим воздействием на леса обладают верховые пожары, при которых горят как нижние, так и верхние ярусы древостоя. Подземные пожары характеризуются медленным, очень устойчивым распространением горения в торфяных залежах болот и заболоченных лесов (Мелехов, 1947).

В *табл. 4.5* показан относительный вклад разных видов лесных пожаров в деструкцию органического вещества и эмиссию углерода на лесной территории России. Подземные пожары характеризуются наиболее значительными потерями органики из лесной экосистемы, хотя их относительная частота невелика. Основной вклад в эмиссию углерода и разрушение органического вещества лесных экосистем дают низовые пожары, которые значительно преобладают по количеству и по площади распространения (Исаев, 1995).

Вид и характер лесного пожара зависят от типа леса. Для сосновых боров с напочвенным покровом из мхов, лишайников, брусники, характерны низовые пожары. В большинстве типов еловых и особенно елово-пихтовых лесов с мощной подстилкой и грубым гумусом низовой пожар может полностью сжигать напочвенную органику и переходить в верховой пожар. Возникновению и распространению верховых лесных пожаров препятствует разреженность леса и наличие в нем разрывов в виде болот, озер, лугов и т. д. Распространение лесного пожара определяется скоростью продвижения кромки пожара, высотой пламени, его температурой и количеством тепла, выделяемого в единицу времени 1 м кромки пожара. Скорость распространения и форма фронта во многом зависят от рельефа местности. Прямые измерения показывают, что при горении поток выделяемого тепла может достигать 8–12 МВт/с. При таких параметрах тепловыделения очевидны сложности, возникающие при тушении пожаров.

Космический мониторинг

Физическая основа процессов лесных пожаров позволяет успешно использовать космические аппараты для мониторинга пожарной опасности. В Красноярском научном центре СО РАН с 1994 г. ведутся исследования в этом направлении с использованием станции приема цифровой информации с искусственных спутников серии NOAA (США) и «Ресурс» (Россия). Установка аппаратуры высокого разрешения AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) на спутниках серии NOAA позволила получать информацию об оптических характеристиках растительности. Ее отражение и собственное излучение в диапазоне длин волн 0,6–12 мкм дает возможность для оперативной количественной оценки динамики температуры и относительной влажности растительности по текущим

космоснимкам (для территории Сибири, например, шесть раз за сутки для полосы 52–68° с. ш. – 2400 км). Увеличение индекса пожарной опасности (ПО), т. е. суммы температур подстилающей лесной растительности в каждом пикселе изображения, накопленной за бездождный период, синхронно совпадает с увеличением числа возникающих пожаров для территории подзоны средней тайги (*рис. 4.3*).

С помощью радиометрической аппаратуры высокого разрешения, используя регистрацию собственного излучения в диапазоне длин волн 3,6–3,8 мкм, удается успешно обнаруживать и регистрировать сами лесные пожары. Данные *рис. 4.4* показывают, как за пятидневку без дождей на территории резко накапливается сумма температур поверхности и возрастает число возникающих лесных пожаров, в основном в зоне максимальных величин показателя пожарной опасности.

Одна из важнейших задач мониторинга лесных пожаров, наряду с количественной оценкой пожарной опасности, состоит в раннем их обнаружении, когда их размеры еще невелики и возможна успешная борьба с ними. Предполагалось, что радиометрическая аппаратура с пространственным разрешением в 1,2 км непригодна для решения этой задачи. Методические разработки, выполненные в Институте леса СО РАН, позволили решить эту проблему, используя данные регистрации мощности теплового излучения от пожара в сочетании с его пространственными размерами. Использование комбинации измерений в двух каналах спутникового радиометра (для длин волн в 3,5 и 12 мкм) показало, что при этом удается по космоснимку идентифицировать пожары площадью до 6 га (*рис. 4.5*). Это – существенный шаг вперед в обнаружении пожаров на ранних стадиях развития, что повышает эффективность борьбы с ними (Сухинин, 1996).

История лесных пожаров Сибири

Ряды наблюдений, при которых зарегистрированы лесные пожары в таежной зоне Сибири, равно как и в целом по России, относительно коротки (30–40 лет), чтобы доказательно выявить связь частоты пожаров с длительными изменениями климата. Кроме того, они весьма неполны, поскольку для обширных пространств северной подзоны тайги многие годы не было средств их регистрации. Только спутниковая информация в сочетании с аэровизуальным наблюдением позволили обеспечить здесь надежную регистрацию лесных пожаров и поврежденных ими площадей. Для сопоставления с длительными и особенно направленными изменениями климата необходимы сведения о частоте лесных пожаров за несколько столетий. При реконструкции истории пожаров использовался дендрохронологический подход, основанный на том, что на стволах деревьев лесные пожары оставляют особые морфологические «отметки» или пожарные поранения. Пожар повреждает растущую ткань ствола дерева, и по относительному положению повреждения внутри годовичного кольца можно точно установить период сезона, когда пожар имел место. Исследуя спиленные 5–10 деревьев с послепожарными подсушинами удается восстановить не только общее число пожаров, но и периоды сезона и годы их возникновения (Арбатская, 1997).

Для Сибири наиболее тщательная реконструкция истории лесных пожаров была выполнена для обширной территории сосновых лесов в междуречье Каса и Дубчеса – левых притоков Енисея. Она основана на датировке пожарных поранений деревьев из более 20 участков. Реконструкция показала (*рис. 4.6*): 1) частота пожаров имеет существенные колебания во времени, группы лет повышенной горимости лесов следуют с 40-летним и 20-летним интервалами; 2) в частоте пожаров отмечаются колебания и большей длительности (вековые); 3) наиболее длительные колебания частоты лесных пожаров в данном регионе не согласуются с длительными изменениями летней температуры северного полушария. Можно ожидать, что глобальное потепление в северном полушарии не обязательно вызовет увеличение горимости лесов на региональном уровне. Как показывают данные дендроклиматического анализа, частота пожаров в сосняках средней тайги Средней Сибири

больше связана с длительными изменениями увлажнения территории и сезонным распределением осадков, чем с подъемом температуры.

Роль пожаров в динамике лесного покрова

Частота пожаров играет основную роль в определении структуры растительности и любые изменения в частоте пожаров автоматически приводят в сообществе растений к изменениям флористического состава и структуры растительности. Даже в одних и тех же ландшафтах частота пожаров существенно связана с характеристикой внутриландшафтных подразделений: фаций, урочищ и местностей (**табл. 4.6**). Четко прослеживается, что частота пожаров увеличивается при переходе от темнохвойных (кедрово-еловых) лесов к светлохвойным (сосновым) лесам, от пониженных форм рельефа (пойм) к возвышенным, от заболоченных местообитаний к суходолам.

Многолетние исследования послепожарного состояния сосняков показали, что на территории встречаются 6 стадий послепожарной сукцессии сосняков, каждая из которых характеризуется особенностями строения древостоев, уровнем запаса древесины и интенсивностью естественного возобновления. После разрушительного пожара на выгоревшей площади наблюдается интенсивное возобновление сосны и лиственных пород (березы и осины). По мере развития древесного сообщества относительное количество лиственных уменьшается. В дальнейшем происходит вытеснение лиственных пород из верхнего полога древостоя, основной древостой становится чисто сосновым. Периодические пожары, уничтожая значительную часть подроста, способствуют формированию разновозрастного древостоя, часто состоящего из нескольких поколений деревьев.

Длительные региональные изменения климата и связанная с ними горимость лесов на больших территориях обуславливают современную картину лесной растительности. В ландшафтах Западной и Средней Сибири преобладающая часть послепожарных сообществ возникла после крупных пожаров высокой интенсивности, отмечавшихся в течение трех последних веков. Так, в южной тайге Западной Сибири наиболее часты характеристики растительности, сформированные крупными пожарами в 1810–1825 гг. (13%), в 1870–1880 гг. (29%), 1911–1920 гг. (12%), 1930–1940 гг. (11%), 1951–1960 гг. (19%).

Экологические последствия лесных пожаров в разных подзонах тайги различны. В подзоне южной тайги процессы деструкции и гумификации растительных остатков протекают активно вследствие достатка влаги и тепла. Послепожарные процессы здесь протекают с потерей в продуктивности леса. В подзоне средней тайги воздействие пожаров более неоднозначное. Пожары здесь – единственный фактор, способный изменить экологическую среду, направленность и интенсивность почвенных процессов, структуру сообществ. Влияние пожаров здесь сопровождается предотвращением заболачивания, перераспределением питательных веществ, улучшением гидрологического и теплового режимов почв. Аналогичные экологические последствия пожаров наблюдаются и в экосистемах северной тайги. Однако при близком расположении мерзлотных слоев к поверхности почвы на горях происходит их интенсивное протаивание, повышается влажность почвы, происходит ее проседание и образование термокарстовых впадин.

Лесопожарное районирование территории Красноярского края

Часть лесной территории Красноярского края и республики Тыва, охраняемой от пожаров, простирается в широтном направлении от границ Монголии до Подкаменной Тунгуски, что равно площади, примерно, около 100 млн. га. В целях эффективной организации противопожарной охраны лесов, был проведен комплекс работ по лесопожарному районированию, включающему в себя районирование по рельефу, климату, растительности, степени хозяйственного освоения территории. Сходные по этим признакам

отдельные части территории объединяются в районы, требующие проведения на них одних и тех же лесопожарных мероприятий.

Рассматриваемая территория характеризуется значительным разнообразием природных ландшафтов. Большая часть ее расположена на Средне-Сибирском плоскогорье. Средние высоты плоскогорья в этой части изменяются от 400 до 600 м. В западной части оно приподнимается до 800–1000 м (Енисейский кряж), на юге понижается до 200 м (Канская полукотловина). Енисейский кряж начинается между Канском и Красноярском и тянется на север вдоль Енисея на 900 км. Канская полукотловина занимает часть бассейна Кана и Усолки. На западе она ограничена Енисейским кряжем, на юге – предгорьем Восточного Саяна, на севере – р. Бирюсой.

Вся территория южнее Красноярска представляет собой сочетание высокогорных областей с низменностями и котловинами, однако, горные районы преобладают. Юго-западную часть края занимают водораздельные хребты – Абаканский и Кузнецкий Алатау, от которых отходят на восток более низкие отроги. Ширина хребтов достигает 100–120 км. В северной части хребты постепенно переходят в Западно-Сибирскую низменность, а в южной части смыкаются с Западным Саяном.

Западный Саян представляет собой сильно расчлененный горный массив. Начинается он от хребта Шапшал в истоках р. Малый Абакан и тянется широкой полосой в северо-восточном направлении до верховьев р. Казыр, где он соединяется с Восточным Саяном. Наибольшие абсолютные отметки его около 3000 м.

Восточный Саян – это высокое нагорье, глубоко расчлененное долинами рек на ряд хребтов. Наиболее высокие из них Манское и Канское белогорья и Агульские белки. Наивысшая точка в пределах края 3292 м (гора Пирамида). Восточный Саян начинается от Красноярска и простирается на юго-восток до Бурятии.

Таким образом, описываемая территория чрезвычайно разнообразна по рельефу и грубо делится на три района, отличающихся друг от друга:

- левобережье Енисея, представляющее восточную окраину Западно-Сибирской низменности;

- правобережье Енисея, являющееся частью Средне-Сибирского плоскогорья;

- горные районы южной части края и Тувинской республики.

Сложность рельефа рассматриваемой территории определяет разнообразие климатических условий. С лесопожарной точки зрения из климатических особенностей территории наиболее важными являются продолжительность пожароопасного сезона, то есть период от первого весеннего пожара до последнего осеннего, количество осадков и их распределение по сезону, ветры, температура и относительная влажность воздуха как основные факторы увлажнения и высыхания лесных горючих материалов.

Сход снегового покрова на рассматриваемой территории продолжается с 5 апреля (Кызыл) по 10 мая (Северо-Енисейск). В горах сход снегового покрова задерживается до 20 мая. Продолжительность бесснежного периода изменяется от 212 (г. Кызыл) до 154 дней (г. Северо-Енисейск). В горах бесснежный период еще короче. По данным метеостанции «Оленья речка» (Западный Саян), находящейся на высоте 1400 м, он равен 121 дню. Количество осадков на рассматриваемой территории уменьшается с запада на восток и при продвижении с севера от 58° с. ш. на юг. В бесснежный период в горных районах с осадками бывает около 20 дней; в степных и лесостепных – 12–14 дней, в таежной зоне левобережья Енисея до 20 дней, на плоскогорье это число снижается до 12 дней.

В крае господствуют ветры западного и юго-западного направлений. Наиболее ветреные в пожароопасном сезоне апрель и май. В горных районах обычно распространены местные ветры, направление которых определяется долинами. Максимальная скорость ветра на лесной территории не превышает 25 м/сек, а в лесостепном районе в отдельные годы ветры достигают 40 м/сек (Красноярск).

Температурный режим территории очень разнообразен. В горных районах он изменяется особенно сильно и зависит от высоты над уровнем моря и экспозиции склонов. Средняя температура воздуха во второй декаде самого теплого месяца – июля в г. Енисейске равна 15,6°, в г. Кызыле она повышается до 20°, в г. Канске – 19,4°, в г. Кежме – 18,8°.

Относительная влажность воздуха в 13 час. представляет наибольший интерес, так как она до некоторой степени может характеризовать испарение и пожарную опасность в лесу. При относительной влажности воздуха 40% наступает опасность возникновения лесных пожаров, при снижении ее до 25% и ниже появляется чрезвычайная пожарная опасность. Минимальная влажность воздуха наблюдается в мае. В этот период она колеблется в районе С.–Енисейска в пределах 51–53%, что показывает отсутствие загораемости горючих материалов. В лесостепи она снижается до 47%, что означает уже возможности пожаров, а в Тувинском районе снижается до 29%, что обуславливает сильную горимость лесов.

По продолжительности бесснежного периода, по количеству выпадающих осадков и их интенсивности, по температурному режиму и относительной влажности воздуха на территории выделяются следующие районы:

- Левобережье Енисея к северу от р. Кас;
- Бассейн нижнего течения Подкаменной Тунгуски;
- Левобережье Енисея южнее р. Кас до 57-й параллели;
- Бассейн Ангары в пределах края (исключая бассейны рек Усолки и Абана);
- Красноярско–Канская и Ачинско–Ужурская лесостепь;
- Средне-горные области Западного и Восточного Саян и Кузнецкого Алатау;
- Горные котловины Саян и Тану–Ола.

Эти районы близки к районам, выделенным гидрометслужбой при прогнозировании погоды по краю, что значительно облегчает задачу прогнозирования пожарной опасности для леса.

В соответствии с рельефом и климатическими условиями распределяется и растительность. По лесорастительному районированию Г. В. Крылова (1959) горные районы в южной части Красноярского края относятся к двум растительным провинциям. Горы Кузнецкого Алатау и Абаканский хребет, северные склоны Западного Саяна и юго-западные склоны Восточного Саяна и Минусинская котловина, объединяющиеся в Саянскую подпровинцию, входят в так называемую Алтайско–Саянскую провинцию горнотаежных лесов Западной Сибири. Северные же склоны Восточного Саяна образуют Восточно–Саянскую подпровинцию лиственнично-кедровых лесов, входящую в Тувино–Саянскую провинцию горнодолинных лесов.

Лесистость Саянской подпровинции 55%. Пихтачи занимают 33% лесопокрытой площади, кедрачи – 22%, сосняки – 20%, лиственничники – 18%, березняки – 4%, осинники – 2,0% и ельники – 1%. Лесистость Восточно–Саянской подпровинции 60%. Лесопокрытая площадь ее распределяется так: кедрачи – 66,4%, лиственничники – 16,9%, сосняки – 6,4%, березняки – 6,1%, ельники – 3,7% и осинники – 0,5%. Преобладание темнохвойных лесов дает основание считать эту подпровинцию мало пожароопасной. Горимыми здесь являются преимущественно сосняки, располагающиеся у подножий и в нижних частях склонов.

Далее, на север по левобережью Енисея от подножий Кузнецкого Алатау до реки Кеть, выделяется Кетско–Чулымская подпровинция мелколиственно-темнохвойных лесов. В ее северо-восточной части, ближе к Енисею, расположены сосново-темнохвойные леса, на западе, к границе с Томской областью – осиново-кедрово-сосновые. Южную часть занимает Красноярская и Ачинско–Ужурская лесостепи с островками сосново-темнохвойного и березово-осинового леса. Треть площади (32%) здесь покрывают сфагновые и мохово-травяные болота.

Территория севернее р. Кас входит в Елогуйско–Касовский елово-сосновый округ Вакхо–Кетской подпровинции кедрово-сосновых и еловых заболоченных лесов. Здесь

преобладают сфагновые болота, занимающие 48,5% общей площади; на леса приходится 51,5%. По приречным увалам и гривам распространены лишайниково-кустарниковые сосновые боры, занимающие 39% лесопокрытой площади, на сфагновые и мшистые кедрачи приходится 17%, на ельники – 20%, Остальная лесная площадь занята осинниками. Эта подпровинция отличается исключительной пожароопасностью сосновых боров.

Описанные лесорастительные подпровинции входят в группу провинций Западной Сибири. Территория, расположенная к востоку от Енисея, относится к группе провинций Средней Сибири. В ней от предгорий Саян и далее на север за пределы охраняемой территории выделена Средне-Сибирская провинция светлохвойных лесов. Она подразделяется на Чуно-Ангарскую подпровинцию лиственнично-сосновых лесов и Тунгусскую подпровинцию елово-лиственничных лесов, занимающую южную часть Эвенкийского национального округа. Южную часть подпровинции лиственнично-сосновых лесов в бассейнах Кана, Усолки и Абана занимают редкостойные сосновые леса и Канская лесостепь.

Таким образом, на основании лесорастительного районирования в Красноярском крае и Тувинской республике можно выделить следующие районы:

- Тувинская горно-лиственничная тайга;
- Горная темнохвойная тайга Саян и Кузнецкого Алатау;
- Восточно-Саянская лиственнично-кедровая тайга;
- Лесостепной (Красноярско-Канская и Ачинско-Ужурская лесостепи);
- Равнинная темнохвойная тайга (южнее р. Кас);
- Приангарский;
- Тунгусский елово-лиственничный;
- Елогуйско-Касовский елово-сосновый (к северу от р. Кас).

Пожароопасность лесных территорий принято характеризовать указанием загораемости, которая выражается средним числом пожаров, возникающих за сезон на площади в млн. га, и горимостью, представляющую собою площадь, пройденную огнем за сезон, в процентах от площади лесного фонда. За 100%. принимается при этом лесной фонд в целом, т. к. в площадь пройденную огнем, включают и нелесные земли (болота, сенокосы).

В *табл. 4.7* приведена характеристика важнейших лесных районов Красноярского края и Тувинской республики по загораемости и горимости. *Рис. 4.7* отражает пространственное распределение средних многолетних данных плотности пожаров, действующих на территории края по данным Красноярской базы авиационной охраны лесов и по данным спутника НОАА. На *рис 4.8* представлена динамика лесных пожаров за последнее десятилетие. В *табл. 4.7* дано распределение пожаров по месяцам сезона в различных частях рассматриваемой территории. В качестве единиц разделения территории приняты оперативные отделения авиационной охраны лесов. Анализируя данные рисунков и таблицы, можно сделать ряд выводов.

Северные районы края отличаются малой загораемостью лесов, но средняя площадь одного пожара здесь большая и уровень горимости лесов довольно высокий. Загораемость лесов повышается по мере увеличения объема лесозаготовок и уровня хозяйственного освоения. Соответственно этому в Приангарье значительно выше и загораемость, и горимость лесов. Исключение составляют Абанское и Тасеевское отделения, расположенные на границе с лесостепным районом, оказывающим на них свое влияние. Максимального значения загораемость лесов достигает в лесостепных районах в связи с большой плотностью населения и интенсивной хозяйственной деятельностью в лесу. Район равнинной темнохвойной тайги отличается от лесостепного более низким уровнем загораемости и горимости.

Явно выраженные закономерности просматриваются в продолжительности и особенностях пожароопасных сезонов. Пожароопасный сезон в Тунгусском елово-

лиственничном и Елогуйско–Касовском елово-сосновом районах продолжается с июля по август. В Тувинском горно-лиственничном районе он длится с апреля по июнь и с сентября по октябрь, т. е. когда на юге происходит массовая вспышка пожаров, на севере лежит снег и, наоборот, когда в наиболее жаркие летние месяцы на севере возникает большое число пожаров, на юге они прекращаются. В этом районе, несмотря на чрезвычайно высокий комплексный показатель, в летний период из-за пышного развития трав пожары не возникают.

В районах лесостепи, горной темнохвойной тайги и темно-хвойной равнинной тайги резко выделяются весенне-летняя, летняя и летне-осенняя вспышки пожаров, в районе же Тунгусских елово-лиственничных лесов и в Елогуйско–Касовском елово-сосновом районе, а также в Приангарье подобное разграничение сделать невозможно. Здесь пожары бывают без каких-либо перерывов на протяжении всего пожароопасного сезона. В Тувинском горно-лиственничном районе они возникают только весной и осенью.

Таким образом, определение пожарной опасности по одной шкале на всей территории Красноярского края и Тувинской республики невозможно. Возникновение пожаров весной, в тесной связи со сходом снегового покрова, продвигается на север, а в конце лета с осенними дождями постепенно скатывается снова на юг. Важно отметить, что максимальная загораемость на севере совпадает со сроком полного прекращения горимости на юге.

Некоторые из выделенных природных районов по загораемости лесов оказались очень близкими. К ним относится, например, район равнинной тайги и лесостепной район. Это объясняется тем, что пожары в том и другом районе возникают в сосняках, которые интенсивно эксплуатируются в обоих районах. В Тувинском горно-лиственничном районе летом пожары не возникают. В районе горной темнохвойной тайги они бывают и летом. Это объясняется тем, что в предгорьях этого района имеются небольшие территории сосняков, в которых проводятся работы круглый год. Эти сосняки предгорий горят на протяжении почти всего летнего периода. Пожары в них прекращаются лишь в июле во время обильных дождей. Поэтому эти два горных района существенно различаются по горимости лесов.

Таким образом, на основании районирования по рельефу, климату, растительности и горимости выделяются следующие лесопожарные районы:

1. Тунгусский сосново-лиственничный. Он складывается из Елогуйско–Касовского елово-соснового и Тунгусского елово-лиственничного лесорастительных районов.
2. Приангарье.
3. Равнинной темнохвойной тайги.
4. Лесостепной.
5. Горной темнохвойной тайги, объединяющий лесорастительные районы горной темнохвойной тайги и Восточно–Саянской лиственнично-кедровой тайги.
6. Тувинский горно-лиственничный.

Некоторые из выделенных лесопожарных районов, объединяют различные по природным условиям территории. Так, в Тунгусский сосново-лиственничный лесопожарный район входят Елогуйско–Касовский елово-сосновый и Тунгусский елово-лиственничный лесорастительные районы. Они близки по сходу снегового покрова, по продолжительности бесснежного периода, а главное аналогичны по фактической горимости, которая определяется здесь хозяйственным освоением сосняков.

В приангарский лесопожарный район включена территория Енисейского края. Енисейский край очень своеобразная область, совершенно отличная от остальной части плоскогорья. Эта территория экономически еще не освоена и покрыта малогоримыми типами темнохвойной тайги, а также отличается повышенным количеством выпадающих осадков, поэтому и пожары здесь возникают очень редко, практически это негоримая и потому неохраемая часть территории Красноярского края.

Довольно неоднородным является лесопожарный район горной темнохвойной тайги. Он объединяет темнохвойную тайгу Западного Саяна и склонов Восточного Саяна с Восточно–Саянской лиственнично-кедровой тайгой. Но в лесопожарном отношении они сходны наличием в предгорьях сосновых типов леса. Эти сосняки очень сильно эксплуатируются в обоих районах. Остальная же часть территории не освоена и какого-либо влияния на горимость территории не оказывает.

Прогноз горимости лесов Сибири и глобальное влияние лесных пожаров

Согласно модели глобальной циркуляции атмосферы, потепление климата вследствие повышения концентрации парниковых газов в наибольшей степени проявится в северных районах (Будыко, 1987). Прогнозируется, что частота и интенсивность, равно как и площадь пожаров возрастет. Увеличится вероятность крупных лесных пожаров вследствие большей сухости климата. Такой пожарный сценарий возможен для длительного переходного периода, пока не установится необходимое равновесие между климатом, растительностью и частотой пожаров. Кроме того, бореальные леса Сибири испытывают возрастающий антропогенный пресс: промышленное освоение малодоступных лесных территорий, увеличение транспортных сетей, газо- и нефтепроводов, повреждение лесов индустриальными эмиссиями. Это приводит к увеличению частоты лесных пожаров (*рис. 4.7*) в 2,5–3 раза. Хозяйственная деятельность в сочетании с ожидаемым потеплением может обусловить беспрецедентный период пожаров в бореальных лесах Евразии с глобальными экологическими последствиями для биосферы. Снижение из-за потепления уровня грунтовых вод в низинных частях крупных ландшафтов может привести к возрастанию относительного числа подземных пожаров с повышенным выбросом углекислоты в атмосферу (*табл. 4.5*). При реализации самых мрачных сценариев лесные пожары окажут возрастающее влияние на увеличение концентрации углекислоты и аэрозолей в атмосфере, поскольку масса ежегодно сгораемой органики может достигнуть 1 млрд. т.

В условиях глобального изменения климата лесные пожары могут оказаться важнейшим фактором смещения границ растительных зон. Обычно смещение границ лесорастительных зон происходит в течение 2–3 поколений основных лесообразующих пород (несколько сотен лет). Разрушительные пожары могут в самое короткое время изменить скорость и направленность этих процессов.

Лесные пожары – неотъемлемая составляющая функционирования лесов бореальной зоны Сибири. Их частота находится в динамическом равновесии с неоднородностью лесной растительности и климатом. Вероятно, что нарушение этого равновесия вызовет изменения в повторяемости и интенсивности лесных пожаров.

В следующем столетии антропогенная составляющая в изменении климата и частоте лесных пожаров (прямо, за счет усиления хозяйственной деятельности на лесных территориях и их освоения, и косвенно, за счет потепления климата) может стать преобладающей в воздействии на систему: климат – лесная растительность – частота пожаров. Велика опасность разбалансирования этой динамической системы. Накопленная российскими исследователями и практиками информация уже сейчас позволяет выработать лесопирологическую стратегию и тактику. Безусловной основой этого является знание региональных особенностей пожарных режимов лесных территорий, их прогноз в связи с изменениями климата, использование принципов экосистемного управления лесами, в том числе и управляемого горения в лесах. Реальным инструментом прогноза становится лесопирологическая информация, агрегированная в геоинформационных системах национального и региональных уровней. Чтобы быть готовым дать обоснованный ответ на вопросы по прогнозу изменений, следует обладать максимумом информации и иметь

адекватные модели поведения системы. В этом заключается первоочередная задача исследований лесных пожаров в бореальных лесах Сибири.

4.3.2. Катастрофические вспышки массового размножения сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края

Проблема сибирского шелкопряда

Кадастр природных чрезвычайных ситуаций включает массовую гибель лесов в результате крупномасштабных вспышек массового размножения вредных лесных насекомых. В 1995 г. в России общая площадь погибших лесов только по официальным данным составила 172 тыс. га, в том числе 135 тыс. га темнохвойных насаждений, усохших в центральной части Красноярского края в результате массового размножения сибирского шелкопряда. Циклично повторяющиеся вспышки массовых размножений сибирского шелкопряда – один из главных факторов, определяющих размещение, формирование и продуктивность лесов в центральной и южной частях Красноярского края. Они приводят к глубоким изменениям в структуре таежных лесов, разрушению древостоев и смене лесных формаций. Широкое распространение лиственных лесов в южнотаежной подзоне Красноярского края и сопредельной территории Томской области является следствием крупномасштабных вспышек размножения сибирского шелкопряда. В недалеком прошлом на юго-восточной окраине Западно–Сибирской низменности преобладала темнохвойная тайга, сменившаяся в результате вспышек массового размножения шелкопряда и черного пихтового усача березово-осиновыми насаждениями, еланями, заболоченными и необлесившимися пустырями. За последние 70 лет особенно сильно пострадали от насекомых-вредителей темнохвойные леса южной и центральной частей Красноярского края.

Сибирский шелкопряд *Dendrolimus superans sibiricus* Tshtv. (Lepidoptera, Lasiocampidae) – крупная сумеречная бабочка из семейства коконопрядов (*рис. 4.9*). Широко распространен в хвойных лесах Сибири и Дальнего Востока. Вредящая фаза шелкопряда – гусеница, имеет до 7 возрастов и питается в течение двух или трех летних сезонов, зимует в лесной подстилке. В годы массового размножения количество гусениц на 1 дереве достигает нескольких тысяч штук, в то время как всего лишь 300–400 гусениц могут полностью уничтожить хвою (дефолиировать) на дереве средних размеров. Вспышки массового размножения этого вида отличаются высокой интенсивностью: в течение 3–4 лет численность вредителя в насаждении увеличивается более чем в 100 раз. Особенно опасны массовые размножения шелкопряда в пихтово-еловых и кедровых лесах. Пихта, ель и кедр не выдерживают даже однократной потери хвои. Лиственничные насаждения более устойчивы, так как лиственница способна восстанавливать листовую аппарат. Деревья, поврежденные гусеницами шелкопряда заселяются стволовыми вредителями (усачами, короедами, златками и рогохвостами) и отмирают на огромных территориях, образуя гигантские скопления мертвых деревьев, которые получили название «шелкопрядников».

Районы и цикличность вспышек сибирского шелкопряда в лесах Красноярского края

В лесах бассейна Енисея массовые размножения сибирского шелкопряда отмечались на обширной территории от лиственничников северных отрогов хребта Тану–Ола в Республике Тыва до темнохвойной тайги Западно–Сибирской низменности и Енисейского края. Северная граница массовых размножений шелкопряда на Обь–Енисейском водоразделе совпадает с северной границей подзоны южной тайги. На восточной окраине Западно-Сибирской низменности очаги шелкопряда проникают в южную часть подзоны средней

тайги. Единичные экземпляры бабочек этого вида коконопрядов обнаружены и в более северных районах (до 63° с. ш.). Эколого-климатическая граница очагового распространения шелкопряда в лесах края определяется теплообеспеченностью в период активного развития шелкопряда, а вероятность возникновения вспышек массового размножения – пространственно-временной изменчивостью условий влагообеспеченности.

Основными факторами модификации численности шелкопряда являются погодные условия вегетационного периода со среднесуточными температурами воздуха выше +8°C. Очаги массового размножения возникают в районах, где продолжительность периода от начала сокодвижения березы до конца ее листопада составляет более 150 дней, продолжительность периода с температурой выше 10° не менее 3 месяцев, а термические ресурсы этого периода превышают 1400°. Наиболее точно границу очагового распространения сибирского шелкопряда характеризует температурный критерий – средняя многолетняя температура августа +13,5°C.

Лимитирующая роль климатических факторов проявляется и в горных лесах юга Красноярского края. Очаги шелкопряда приурочены к нижнему, наиболее теплообеспеченному поясу Саян и Кузнецкого Алатау. Верхний предел очагового распространения сибирского шелкопряда (на абсолютных высотах 800–900 м) в горных лесах края ограничивают многолетние показатели суммы активных температур около 1200°C и коэффициент увлажнения (по В. С. Мезенцеву), равный 2,0.

С учетом ландшафтно-экологической специфики в лесах Красноярского края выделяются 9 районов вспышек массового размножения шелкопряда: Чулымо–Кетский, Приангарский, Приенисейский, Канско–Бирюсинский, Кузнецко–Алатаусский, Западно–Саянский, Усинский, Сисим–Тубинский, Канско–Агульский (*табл. 4.8*). Региональная специфика массовых размножений проявляется в повторяемости, продолжительности развития и интенсивности вспышек, а также в приуроченности первичных резерваций и очагов к определенным лесным формациям, типам леса и элементам рельефа (Кондаков, 1974; Исаев, Ряполов, 1979; Ряполов, 1981). Наибольшей интенсивностью отличаются вспышки массового размножения шелкопряда в южнотаежных темнохвойных лесах центральной части Красноярского края (Чулымо–Кетский, Приангарский и Приенисейский районы).

Ретроспективный анализ, основанный на дендрохронологической методике и материалах многолетних лесозащитных исследований Института леса СО РАН, показывает, что в темнохвойных лесах южной части Красноярского края с 1878 по 1998 гг. действовали очаги 9-ти вспышек массового размножения сибирского шелкопряда (*табл. 4.9*).

Некоторые вспышки принимали панзональный характер, т. е. были синхронны с массовыми размножениями шелкопряда в других регионах Сибири. Примером таких вспышек служат градационные волны 20-х и 50-х годов, когда очаги шелкопряда действовали в различных частях ареала от Урала до Приморского края. Наибольшее лесохозяйственное значение, а, следовательно, прогностическую актуальность имеют крупномасштабные вспышки сибирского шелкопряда в южно-таежных темнохвойных лесах Красноярского края и сопредельных регионах Сибири.

Последствия вспышек размножения сибирского шелкопряда

Воздействие шелкопряда на леса проявляется многопланово. Помимо прямых последствий вспышек, связанных непосредственно с потерей древесины, важнейшее и неоправданно неучитываемое значение имеют и косвенные последствия дефолиации насаждений (*табл. 4.10*).

Крупномасштабная вспышка сибирского шелкопряда реализовалась в лесах Центральной части края в 1952–1958 гг. на площади свыше 2 млн. га. Погибли

темнохвойные леса Енисейского края и Нижнего Приангарья в бассейнах рек Чулыма и Кети. Наибольший ущерб шелкопряд причинил темнохвойным лесам в зоне строительства железной дороги Ачинск–Абалаково. Эти леса входили в сырьевую базу Ильинского лесопромышленного комплекса с запасом ликвидной древесины в 424 млн. куб. м. Значительная часть (свыше 60%) этих лесов была уничтожена сибирским шелкопрядом в 1954–1957 гг. В сопредельных лесных массивах Томской области (бассейны Чулыма и Кети) в период вспышки 50-х годов погибло 130 млн куб. м. высокоценной древесины хвойных пород в границах сырьевых баз 11 действующих леспромхозов. Общая площадь шелкопрядников в темнохвойных насаждениях усохших в результате повреждения сибирским шелкопрядом в 1952–1958 гг., составила 1,4 млн. га.

Значительный ущерб сибирский шелкопряд причинил лесам края в период вспышки 1989–1997 гг. Ликвидация очагов на площади свыше 500 тыс. га потребовала огромных затрат труда и средств. Общая сумма затрат на проведение авиалесозащитных мероприятий в 1995–1996 гг. составила более 34 млрд. неденоминированных рублей. Проведение крупномасштабных авиакимических и авиабактериологических обработок очагов сибирского шелкопряда стало возможным с привлечением средств Красноярской краевой администрации и кредита Всемирного банка реконструкции и развития.

Состояние шелкопрядников в первые 3–4 года после дефолиации крон зависит от комплекса факторов: степени и характера повреждения древесного полога, устойчивости различных пород к повреждению, условий местопроизрастания и лесоводственно-таксационных характеристик древостоев, активности стволовых вредителей и т. д.

По данным Института леса СО РАН через 5–8 лет после повреждения шелкопрядом темнохвойных насаждений запас вываленных усохших деревьев составляет 50–80% общего запаса древостоя (150–250 куб. м на 1 га). В смешанных лиственно-хвойных насаждениях, несмотря на полную гибель хвойных, вывал составляет 20–40% общего запаса древостоев. Завалы, образовавшиеся в результате бурелома и вывала погибших деревьев, зарастают кустарниками и мощной травянистой растительностью. Территория становится непроходимой и чрезвычайно пожароопасной. Запасы горючего материала в шелкопрядниках составляют 28–69 т/га (Фурьев, 1996).

В 1960–1964 гг. лесные пожары в зоне очагового размножения сибирского шелкопряда распространялись на десятки тысяч гектаров. Тушение пожаров в шелкопрядниках сопряжено с исключительными трудностями в связи с большой захлапленностью территории, ее недоступностью и высокими температурами. Лесовосстановление в шелкопрядниках происходит через длительную смену пород. В погибших древостоях, как правило, отсутствует удовлетворительное возобновление не только хвойных, но и лиственных пород. Лишь через 15–20 лет начинают формироваться низкополнотные молодняки лиственных пород, а через 25–30 лет под пологом лиственного молодняка начинают появляться хвойные. Огромные площади шелкопрядников в течение многих десятков лет, а иногда и столетий «продуцируют незначительно или не продуцируют вообще» (Поварницын, 1934).

Классическим примером в этом отношении может служить вспышка массового размножения пихтовой пяденицы (*Ectropis bistortata* Goeze), которая привела в начале 30-х годов к гибели пихтовые насаждения Тубинского лесного массива (Восточный Саян) с запасом ликвидной древесины более 200 млн куб. м. Погибла сырьевая база запроектированного к строительству в предвоенные годы Красноярского целлюлозно-бумажного комбината. Экологические последствия Тубинской катастрофы проявились не только в массовой гибели коренной древесной породы – пихты сибирской на площади свыше 500 тыс. га, но и в изменении водного режима таежных и подтаежных территорий. Массовая гибель пихтовых лесов в бассейне рек Кизира и Казыра вызвала обмеление и понижение меженного уровня рек в предгорьях Восточного Саяна (Курагинский район Красноярского

края). Большие пространства некогда высокопродуктивных орошаемых сенокосов превратились в низкокачественные пастбища, зарастающие пикульником. Прошло 70 лет, а пихтовая тайга Кизир–Казырского междуречья до сих пор не восстановилась.

Исследования Института леса СО РАН в очагах сибирского шелкопряда показали, что основными средообразующими факторами в шелкопрядниках выступают световой режим, изменение гидрологического режима почв и поступление органических веществ в почву. Гусеницы шелкопряда влияют на биогеохимический цикл леса, изменяя сезонную приуроченность, количество и форму компонентов минерального питания растений, поступаемых от растения в подстилку или почву. В норме до 60% годового опада пихтовой хвои переходит в подстилку зимой и лишь 10% – в весенне-раннелетний период. Дефолиация крон пихт во время вспышки массового размножения за несколько месяцев активного питания гусениц старших возрастов шелкопряда (май–июнь) переводит в опад в виде экскрементов всю хвою без остатка, меняя как общее содержание элементов в почве, так и их соотношение. Запасы гумуса в почвах шелкопрядника увеличиваются на 20% по сравнению с контролем, при этом часть органических веществ поступает в глубинные слои почвы. В то же время улетучивается существенная доля углерода в виде углекислого газа с продуктами дыхания почвенной биоты. Даже через 3 года после вспышки интенсивность выделения диоксида углерода почвами шелкопрядников в 1,5 раз превышает норму

Принятый в 1997 г. Киотский протокол к Рамочной конвенции по изменению климата открывает реальные возможности для коммерческого использования результатов накопления углерода лесными экосистемами Сибири. Страны Европейского Союза заявили о своем стремлении обеспечить вступление протокола в силу до конца 2002 г. Основным источником доходов от депонированного углерода являются денежные поступления от продажи прав на выбросы парниковых газов, эквивалентные по своему размеру депонированной лесами массе углерода. Ожидается, что цена на тонну CO_2 в первый бюджетный период реализации Киотского протокола составит около 10 долларов США. Основываясь на этой сумме, только потенциальные потери от эмиссии углерода в атмосферу почвами шелкопрядников Ангаро–Енисейского междуречья за период 1996–1997 гг. можно оценить минимум в 70 долларов США/га/год, а в каждый из последующих 3 лет не менее чем в 25 долларов США/га/год.

Разрушение биоты вследствие широкомасштабных вспышек размножения сибирского шелкопряда, помимо ухудшения среды обитания человека, в значительной степени изменяет возможность использования природных ресурсов в результате гибели эксплуатируемых лесных пород, разрушения местообитаний охотничьих животных, обмеления и изменения химизма рек, подрыва заготовительной базы (исчезновение ягод, грибов, кедрового ореха).

До сих пор не проведена оценка изменения риска заражения человека природно-очаговыми инфекциями в дефолированных и восстанавливающихся лесных массивах и на прилегающих к ним территориях. В шелкопрядниках создаются специфические условия для размножения мышевидных грызунов и насекомоядных млекопитающих, которые, в свою очередь, являются хозяевами иксодовых клещей – переносчиков клещевого энцефалита и болезни Лайма.

Лесозащитные и лесохозяйственные мероприятия

Проблема сибирского шелкопряда имеет экологическое, экономическое и социальное значение. Успешное ее решение требует разностороннего подхода к обоснованию и разработке эффективной системы лесозащитных мероприятий. При этом необходимо учитывать как видовую специфику массовых размножений шелкопряда, так и особенности многолетней и сезонной динамики численности его географических популяций.

В Институте леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения РАН исследования по проблеме сибирского шелкопряда проводятся с 1961 г. Подробно изучены распространение, фенология, жизненный цикл, паразитофауна, патогенная микрофлора, ландшафтно-

экологическая специфика массовых размножений, закономерности развития вспышек во времени и пространстве (Коломиец, 1962; Гукасян, 1970; Кондаков, 1974). Проводится изучение экологических последствий разрушения дефолиированных древостоев и процессов лесовосстановления в шелкопрядниках. Прикладные исследования позволили оптимизировать существующие и разработать новые методы надзора и прогнозирования численности шелкопряда (Кондаков, 1988;), в том числе и на основе феромонного мониторинга популяции вредителя (Баранчиков и др., 2000). Внедрены технологии малолитражного мелкокапельного авиахимического опрыскивания и микробиологических методов защиты таежных лесов (Кондаков, 1974, 1988). Разработаны экологические основы мониторинга таежных лесов в зоне очагового распространения сибирского шелкопряда на основе широкого применения дистанционных методов и ГИС технологий (Ряполов, 1981; Исаев, Кондаков, 1986). Предложенные методы надзора, прогнозов, авиахимической и авиабактериологической защиты таежных лесов доведены до практически приемлемых технологий и прошли производственную проверку в лесхозах Красноярского края при проведении лесозащитных мероприятий в период вспышек 60-х и 90-х годов.