

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ



1989/7

А.Б.Авакян  
А.А.Полюшкин  
НАВОДНЕНИЯ



**ЗНАНИЕ**

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

Подписная научно-популярная серия

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

7/1989

Издается ежемесячно с 1966 г.

**А. Б. Авакян,**

доктор географических наук,

**А. А. Полюшкин,**

физикогеограф

## НАВОДНЕНИЯ

### СОДЕРЖАНИЕ

---

ВВЕДЕНИЕ	3
ПОЧЕМУ ПРОИСХОДЯТ НАВОДНЕНИЯ	4
АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИЧИНЫ НАВОДНЕНИЙ	19
КАК ПОДСЧИТАТЬ МАТЕРИАЛЬНЫЙ УЩЕРБ?	21
МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НАВОДНЕНИЙ	23
БОРЬБА С НАВОДНЕНИЯМИ В СССР	24
ЗАЩИТА ОТ ПАВОДКОВ В США	30
БОРЬБА С НАВОДНЕНИЯМИ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ	35
БОРЬБА С НАВОДНЕНИЯМИ В СТРАНАХ АЗИИ	39
НЕИНЖЕНЕРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ	41
И В ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
ЧТО МОЖНО ПРОЧИТАТЬ О НАВОДНЕНИЯХ	45
ЗЕМЛИ ЦЕЛЕБНЫЕ ДАРЫ	46

---

Издательство «Знание»  
Москва 1989

**АВАКЯН Артур Борисович** — доктор географических наук, заведующий лабораторией взаимодействия внутренних водоемов с окружающей средой Института водных проблем Академии наук СССР. Автор около 300 книг, брошюр и статей по вопросам комплексного использования водохранилищ и их взаимодействия с окружающей средой.

**ПОЛЮШКИН Алексей Александрович** — физикогеограф, инженер, работает в лаборатории взаимодействия внутренних водоемов с окружающей средой Института водных проблем Академии наук СССР. Автор ряда статей по проблемам организации защиты от наводнений.

Редактор **Л. ИВАНЕНКО**

**Авакян А. Б., Полюшкин А. А.**

**А19** Наводнения. — М.: Знание, 1989. — 48 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Науки о Земле»; № 7).

ISBN 5-07-000603-7

20 к.

Наводнения по своей разрушительной силе и катастрофическим последствиям справедливо считаются одним из самых страшных стихийных бедствий. Авторы брошюры рассказывают о причинах и последствиях наводнений, о защитных сооружениях прошлого и о современных направлениях организации защиты от паводков и половодий.

Брошюра рассчитана на лекторов, слушателей и преподавателей, народных университетов, гидрологов, гидротехников, географов, на читателей, интересующихся достижениями науки и практики в этой области.

**3308010000**

**ББК 38.777**

ISBN 5-07-000603-7

© Издательство «Знание», 1989 г.

## Введение

Среди природных катастроф — землетрясений, извержений вулканов, ураганов — наводнения по своим разрушительным последствиям стоят в первом ряду. По данным ЮНЕСКО, за последнее столетие в мире от них погибло 9 миллионов человек, в то время как от землетрясений и ураганов — 2 миллиона человек. Помимо нечислимых человеческих жертв, огромен материальный ущерб, наносимый наводнениями. В некоторых странах среднегодовые убытки могут составлять до 15 процентов валового продукта, в целом же по миру они исчисляются миллиардами долларов. В чем же причины столь трагического положения? Попробуем их определить.

Наводнения происходят во все сезоны года и практически повсеместно. От них страдают жители речных долин и морских побережий, горных районов и, как это и не удивительно на первый взгляд, пустынь. Поэтому сокрушительному воздействию водной стихии подвержены как обширные сельские районы, так и крупнейшие столицы мира.

На одной и той же территории наводнения могут происходить каждый год и даже несколько раз в году. Большая опасность заключается и в том, что часто они начинаются внезапно, и тогда люди не успевают к ним подготовиться. Наводнениями могут быть затоплены сотни и тысячи квадратных километров земель, вода на них может стоять до нескольких месяцев.

По имеющимся оценкам, от 2 до 10 процентов общей площади стран, на которой сконцентрировано 1—5 процентов населения,

подвержены периодическим затоплениям наводнениями. В СССР наводнения могут происходить на 500 тысячах квадратных километров (2,2 процента территории суши страны), в США — на 280 тысячах (3,0 процента), в Индии — на 250 тысячах (7,6 процента), в Бразилии — на 300 тысячах (3,5 процента) во Франции — на 10 тысячах квадратных километров (1,8 процента).

Тяжелые последствия наводнений связаны не только с природными причинами, но и с хозяйственной деятельностью человека. Более подробно мы остановимся на этой проблеме позднее. В целом же следует подчеркнуть, что серьезный материальный ущерб, наносимый наводнениями, приводит к ухудшению экономического положения на огромных территориях, от отдельных районов до целых государств. Сдерживаются темпы хозяйственного развития, повышается стоимость жизни, на страны обрушиваются голод и страшные эпидемии. Но всегда ли было так?

Большинство книг, посвященных описанию исторических наводнений и половодий, начинаются с упоминания о библейском потопе, приведшем, по преданию, к гибели всего человечества. В живых бог оставил праведника Ноя, который спасся со своей семьей на построенном им ковчеге: «В шестьсотый год жизни Ноевой, во второй месяц, в семнадцатый день месяца, в сей день разверзлись все источники великой бездны и окна небесные отворились, и лился на землю дождь сорок дней и сорок ночей... И усилилась вода на земле чрезвычайно, так что покрылись высокие горы, какие есть под небом. На пятнадцать локтей поднялась над

ними вода, и покрылись горы...» (Книга «Бытие»). В легендах древних шумеров, населявших междуречье Тигра и Евфрата, есть упоминание о страшном наводнении, ниспосланном на землю богом Энке в наказание за грехи. Наводнение уничтожило Вавилонское царство, а его правитель Атра-Хазис избежал гибели, построив, подобно Ною, судно, поскольку за 7 дней был предупрежден свыше. Древние египтяне оставили сказания о катастрофических разливах Нила, происшедших в 3000 и в 3500 годах до нашей эры. Повествования о подобном рода бедствиях есть и в эпосе народов Латинской Америки.

Вероятность таких наводнений, охватывающих огромные территории, находит подтверждение в последних археологических исследованиях. Не вдаваясь в дискуссию о том, действительно ли ветхозаветный потоп и подобные ему носили глобальный характер, отметим: оставленные нашими предками свидетельства со всей очевидностью показывают, какие неисчислимые беды приносили наводнения человеческой цивилизации с самого ее зарождения.

## Почему происходят наводнения

Для начала попытаемся дать определение понятию «наводнение». Наводнением называется различное по длительности временное затопление суши водой в результате действия природных или антропогенных причин. Ниже рассмотрены основные причины наводнений.

**Половодья** — ежегодно пов-

торяющееся сезонное длительное и значительное увеличение водности рек, сопровождающееся повышением уровня воды в русле и затоплением поймы, — одна из основных причин наводнений.

Реки умеренного пояса разливаются во время весеннего снеготаяния на равнинах. Реки, берущие свое начало в высокогорных районах, могут разливаться при интенсивном таянии питающих их ледников. Большие затопления пойм во время половодий наблюдаются на большей части территории СССР, в Северной Америке, Северной и Восточной Европе. При таянии снежного покрова на водосборе и речного льда уровень воды может подниматься от 1—2 до 10—20 и более метров в зависимости от величины реки, условий накопления и таяния снега. Ширина затопляемой территории нередко достигает многих километров.

Длительность половодья также зависит от длины и ширины русла рек, высоты снежного покрова, дружности весны и ряда других причин и может составлять от нескольких дней до 3 и более месяцев. Для многих рек характерны годовые колебания максимальных весенне-летних расходов воды, зависящие главным образом от годовых климатических, в основном гидротермических, колебаний.

Большой объем половодья наблюдается в долинах высокогорных районов, где весенне-летний сток формируется за счет таяния высокогорных снегов и ледников. Особо тяжелые последствия имеют половодья в том случае, если период таяния

снега и льда в горах совпадает с таянием снежного покрова в долинах. Если же таяние в горах запаздывает по времени, то половодье будет иметь затяжной характер.

В целом за период весенне-летнего половодья на реках в зависимости от физико-географических условий может проходить до 90 процентов их годового стока.

Половодье может принимать катастрофический характер, если инфильтрационные свойства почв значительно уменьшились за счет перенасыщенности ее влагой из-за обильных осенних дождей и глубокого промерзания в суровую зиму. К значительному увеличению половодья могут привести весенние дожди, когда пик весеннего половодья совпадает с пиком весеннего паводка. Подобной причиной было вызвано небывалое наводнение в бассейне Верхней Волги в 1908 году. Из-за чрезвычайно дружной весны снег, запасы воды в котором превышали норму на 170—200 процентов, сошел за очень короткий промежуток времени. Почва сильно промерзла за зиму. Положение усугубилось еще тем, что в конце апреля в течение нескольких недель шли проливные дожди. В результате были затоплены десятки тысяч гектаров посевов, без крова остались 50 тысяч человек.

Разрушительные последствия носили разливы вод еще одной крупной реки европейской части страны — Днепра. Первые сведения о высоком наводнении относятся к 1128 году. Выдающиеся наводнения имели место в 1655 и в 1684 годах. От наводнения 1789 года сильно постра-

дали города Киев, Кременчуг, многие приднепровские села. Однако самым значительным из зафиксированных как по высоте стояния воды, так и по площади зоны затопления считается наводнение 1931 года. Было установлено, что такая катастрофа может повторяться 1 раз в 300 лет. Причиной его послужило половодье, наступившее после очень снежной зимы: запасы снега на водосборе превысили многолетнюю норму на 200 процентов. Инфильтрационная способность почв была минимальной из-за высокой насыщенности их влагой после обильных дождей, прошедших предшествующей осенью. Снеготаяние, начавшееся в начале апреля, за несколько дней охватило почти весь бассейн Днепра. От Могилева на севере и до Запорожья на юге были затоплены сотни тысяч гектаров плодороднейших земель, что нанесло огромный ущерб сельскому хозяйству Приднепровья, и без того находившемуся к тому времени в плачевном состоянии.

Сильно страдают от весенних разливов Дуная, Тисы, Рейна, Эльбы территории Австрии, Венгрии, ФРГ, ГДР. Несмотря на широкомасштабные защитные мероприятия, проводимые в течение столетий, предотвратить опасность больших наводнений не удалось до сих пор. Вот и в 1988 году из Западной Германии пришло сообщение: после обильных снегопадов повышение температуры в марте вызвало резкий подъем уровня воды в Рейне, Мозеле, Майне и Дунае. Наводнения в городах Пассау, Штраубинг и Регенсбург вынудили местные власти объявить там чрезвычай-

чайное положение. Были затоплены многие шоссе и дороги, в горах произошли оползни и обвалы. В Баварии погибло несколько человек. Бушующие потоки реки Неккар затопили старую часть города Хайдельберг. В низинах Рейна под водой исчезли многие дома в пригородах Кёльна. В некоторых районах ФРГ высота половодья достигла 2 метров.

Небывалое половодье охватило обширные территории США в штате Калифорния и в бассейне реки Колорадо в 1983 году. На берегах озера Элсинор в результате обильных дождей весной, когда пик паводка совпал с пиком половодья, были разрушены десятки населенных пунктов, окрестности объявили зоной стихийного бедствия; из них было эвакуировано 2200 человек, а общий ущерб составил 50 миллионов долларов. В конце мая того же года над Скалистыми горами пронеслись сильнейшие бури, резко увеличившие высоту снежного покрова. Вскоре произошло внезапное потепление, и метеорологи обнаружили резкое возрастание стока горных вод, которые водохранилища, расположенные на Колорадо, не могли принять. В период между 6 и 28 июня уровень воды существенно превысил нормальный подпорный уровень. Несмотря на то что для приема и регулирования паводка был создан запас емкости, на 25 процентов превышающий необходимый для принятия максимального стока объем, впервые за всю историю переполнились крупнейшие водохранилища на этой реке — Мид и Пуэлла, а также остальные 12 водохранилищ, входящие

в каскад. Система пришла в аварийное состояние и не смогла справиться с разбушевавшейся водой. Во время половодья были заражены колодцы, повреждены сотни домов, разлившаяся вода стала причиной размножения колоссального числа москитов, при этом повысилась опасность энцефалита и других болезней. Президент США Рональд Рейган объявил ряд районов в бассейне Колорадо зонами бедствия. Только прямой ущерб от того наводнения составил 80 миллионов долларов.

**Дождевые паводки** представляют собой не меньшую опасность, чем половодья. В отличие от половодий они могут повторяться несколько раз в году. Их частота и интенсивность главным образом зависят от частоты и интенсивности дождей в весенне-осенний период или оттепелей зимой, приводящих к таянию снега и льда и выпадению зимних дождевых осадков. Сток рек значительно возрастает, уровень воды в них повышается, что приводит к затоплению местности. Особо следует выделить наводнения, порождаемые внезапными паводками. Причиной их служат ливни, вызываемые циклональной деятельностью. Наиболее мощные ливни приносят тропические циклоны. Особенность таких паводков заключается в неожиданности их начала и конца, значительной интенсивности и кратковременности. Иногда суточное количество ливневых осадков достигает 1000 миллиметров. Они не только формируют паводки на реках, но и образуют высокий слой поверхностного стока, что ведет к возникновению селей и оползней в

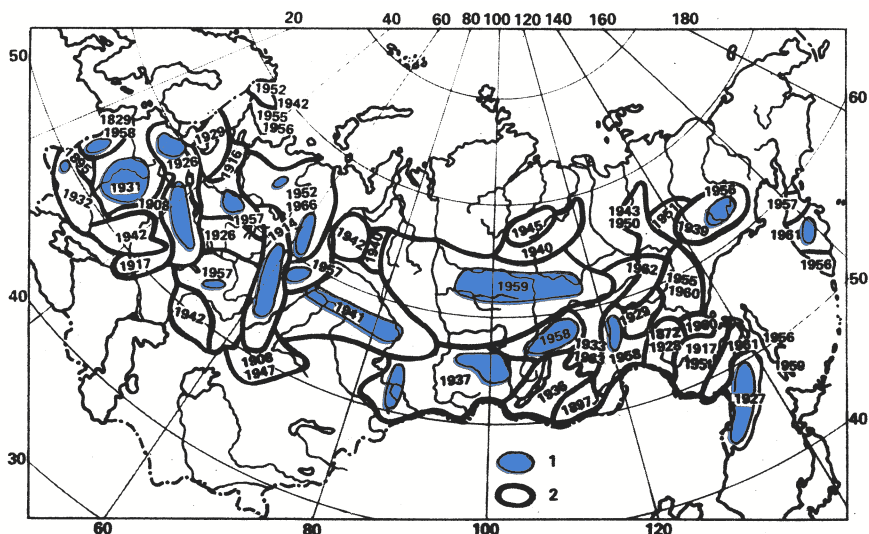


Рис. 1. Распространение выдающихся половодий и паводков на реках Советского Союза: 1 — год с обеспеченностью максимума 1 процент, 2 — год с обеспеченностью максимума 1—5 процентов (Не жи х о в с к и й Р. А. Наводнения на реках и озерах. — Л.: Гидрометеиздат, 1988)

горах, активизирует эрозионные процессы на равнинах.

Ежегодно над океаном формируется от 80 до 100 тропических циклонов. От вызванных ими ураганов и наводнений ежегодно гибнет около 250 тысяч человек, а экономический ущерб приближается к 7 миллиардам долларов. Установлено, что от катастрофических последствий тропических циклонов постоянно страдает население 50 стран.

В нашей стране от дождевых паводков страдают практически все регионы: Дальний Восток, Западная и Восточная Сибирь, Средняя Азия, европейская часть (рис. 1).

На Дальнем Востоке на Амуре и его притоках Зее, Бурее, Уссури и Шилке наводнения,

вызываемые летними паводками, происходят ежегодно, а иногда их бывает несколько в году. За последние 70 лет в бассейне Амура зарегистрировано около 600 наводнений, из них более 50 носили катастрофический характер.

Часто страдают от летних паводков районы Забайкалья, в особенности бассейны рек Селенги и Витима.

Свои наблюдения о паводках на реке Уссури оставил известный русский исследователь и путешественник В. К. Арсеньев: «Дождь, туман, тучи — все это перемешалось между собой... В абсолютной тьме казалось, будто вместе с ветром неслись в бездну деревья, сопки и вода в реке, и все вместе с дождями



образовало одну сплошную, с чудовищной быстротой движущуюся массу. На реку было страшно смотреть. От быстро бегущей воды кружилась голова».

В августе 1973 года в Бурятии случилось наводнение, которое бывает 1 раз в 100 лет. В Витиме, зажатом с двух сторон скалами, уровень воды поднялся на 14 метров. Такой же стремительный подъем наблюдался и на Селенге, где высота паводковой волны превысила все наблюдавшиеся ранее отметки на 50—100 сантиметров. Такой невероятно высокий паводок был вызван сильными ливнями. В течение суток под водой оказалась вся левобережная часть Улан-Удэ, в том числе более 3 тысяч жилых домов. Из района бедствия в срочном порядке городские власти и армейские подразделения эвакуировали 18,5 тысячи жителей, в безопасные зоны вывели 200 тысяч голов скота. В тот год в Бурятии было затоплено 27 населенных пунктов.

А что же происходит на европейских реках страны? До создания системы водохранилищ и строительства высоких гранитных набережных на Москве-реке нередко были летние ливневые паводки в столице. Еще на памяти ныне живущих москвичей наводнение, случившееся в конце июня 1924 года. В результате сильнейшего ливня под водой оказались центральные районы города, примыкающие к набережным Москвы-реки и Яузы, а некоторые улицы, в частности Неглинная, стали «судоходными». Многих людей на лодках пришлось вывозить в безопасные места.

Сильно страдают от паводков Западная Украина и Молдавия.

О трагических последствиях разливов Тисы, Прута, Серета, Днестра упоминается еще в древнейших летописях Киевской Руси IX—XII веков. Катастрофические наводнения на Тисе только в нашем столетии происходили в 1927, 1947, 1957 годах. После наводнения в 1970 году, вызванного длительными и интенсивными дождями, прошедшими в мае и превысившими двухмесячную норму, уровень воды в Днестре, Пруте и Серете поднялся на 3—5 метров. Наводнение нанесло значительный ущерб хозяйству Тернопольской, Житомирской, Львовской и многих других областей. Имелись человеческие жертвы. В затопленных населенных пунктах было повреждено более 8 тысяч жилых домов, 320 социально-культурных и промышленных зданий, разрушены многие мосты, железные и шоссейные дороги, залиты тысячи гектаров полей и пастбищ. Из районов затопления было эвакуировано 16 тысяч человек.

С незапамятных времен страдают от паводковых разливов рек жители Индо-Гангской низменности. Основная причина паводков в Индии — ливни, приносимые с юго-востока Индийского океана муссонами во второй половине весны. Очень часто проливные дожди длятся почти непрерывно до конца осени. Всего в этой стране затопляется около 25 миллионов гектаров земель. В XX веке зарегистрировано более 10 катастрофических наводнений на Ганге, Брахмапутре, Дамодаре и других реках страны.

Небывалые по силе паводки охватывали почти всю территорию Индии в 1978, 1979, 1980 и 1982 годах. В 1978 году было затоплено

в штате Пенджаб — самом экономически развитом районе страны — 38 тысяч гектаров посевов, пострадало около 60 тысяч человек. В штате Орисса вышедшая из берегов Субарнарекха затопила территорию в 160 тысяч гектаров, пострадало 200 тысяч человек. Во время муссонных ливней в следующем году разлилась обычно пересыхающая летом река Луни, протекающая в одной из крупнейших пустынь мира — Тар на северо-западе Индии. Наводнение в пустыне! В такое трудно поверить, но факты сами говорят за себя: в штате Раджастан было разрушено более 1000 деревень, погибло 107 тысяч голов крупного рогатого скота, уничтожены посевы на площади 56 тысяч гектаров, разрушено 3200 колодцев, погибло 374 человека и 120 пропало без вести. Во время наводнения 1980 года по всей территории страны было затоплено более 1 миллиона гектаров земель, 50 процентов из них составляли сельскохозяйственные угодья. Огромные массы воды, переполнившие водохранилища, привели к разрушению многих плотин, что еще более усугубило положение. В результате пострадало несколько миллионов человек, а общенациональный ущерб составил почти 300 миллионов долларов; большая часть его пришлось на штаты, расположенные в долине Ганга: Уттар-Прадеш, Бихар, Гуджарат и др.

В 1987 году наводнение, носившее необычайно разрушительный характер, постигло Бангладеш. Разлившиеся воды в дельте Ганга затопили большую часть страны. Старейшие жители не помнят подобного наводнения. Власти переселили сотни тысяч людей на незалитые водой пространства.

Согласно официальным данным погибло 700 человек, разрушено около 2 миллионов домов, более половины из них восстановить оказалось невозможно. Потери зерновых исчисляются в 1,6 миллиона тонн. В различных районах страны зарегистрированы вспышки дизентерии — результат употребления загрязненной питьевой воды и испорченных продуктов. Более 2500 медицинских бригад вели борьбу за спасение 170 тысяч человек, страдавших от различных инфекционных заболеваний. Многие жители настолько обессилели от голода и болезней, что были не в состоянии добраться до незатопленных участков. Общий ущерб от этого ужасного стихийного бедствия, по предварительной оценке, составил 1,3 миллиарда долларов.

Паводки — постижение национальное бедствие для жителей Китая. За два последних тысячелетия на территории этого государства в среднем раз в 2 года происходило крупное наводнение. Основная причина паводков — интенсивные и длительные ливни. Однако последствия наводнений на равнинных реках усугубляются тем, что уровень русел постоянно повышается за счет отложения в них огромного количества наносов. Кроме того, берега сложены легко размываемыми породами и во время прохождения паводков разрушаются, при этом русла рек меняют свое положение.

В нашем столетии самым катастрофическим наводнением считается паводок 1931 года в бассейне Янцзы — самой большой реки Китая. Под водой оказалось 300 тысяч квадратных километров, из них более 5 миллионов гектаров составляли сельскохозяйственные угодья. На огромных простран-

вах терпели бедствие миллионы людей. Погибло же во время наводнения 140 тысяч человек.

Серьезные разрушения и жертвы среди населения вызывают разливы другой крупной реки — Хуанхэ. Известно, что во время паводка 1887 года водами реки было затоплено 78 тысяч квадратных километров, погибло около миллиона человек.

Печальная участь азиатских государств не миновала и страны Старого Света.

В 1878 году был зарегистрирован необычайный по силе паводок на Дунае и его притоках. Пострадало население нескольких стран, по территории которых протекает эта величественная европейская река, — Австрия, Венгрия, южные районы Западной Германии. В следующем году разлившийся приток Дуная Тиса полностью уничтожил венгерский город Сегед. Правда, здесь необходимо отметить, что главной причиной столь трагических последствий был не столько сам паводок, сколько неправильное проведение защитных мероприятий.

Наводнение в восточных районах Венгрии в бассейне Тисы в 1970 году превзошло по своим масштабам все наблюдавшиеся здесь ранее паводки. В результате прошедших в Карпатах проливных дождей огромные массы воды хлынули с гор. Уровень воды в реках поднялся на 4—5 метров. Защитные дамбы в ряде мест были прорваны, и вода затопила обширную территорию. Наиболее пострадали районы между верхним течением Тисы и ее притоком Самошем. Около 40 тысяч жителей этого района были вынуждены покинуть свои жилища.

Во Франции многочисленные ре-

ки, протекающие по территории страны, могут затопить более 1 миллиона гектаров земель, что составляет 1,8 процента всей ее площади. От наводнений страдают 2 процента населения (более 1 миллиона человек). Общий ежегодный материальный ущерб оценивается от 1 до 1,5 миллиарда франков. Наиболее катастрофические наводнения происходили в долинах Луары, Гаронны, Роны. В 1910 году произошло историческое наводнение на Сене, когда воды реки затопили значительную часть Парижа. Под водой оказались многие площади и улицы, железнодорожные вокзалы и станции метрополитена. Сильному наводнению подвергся Париж и его пригороды на расстоянии 40 километров от столицы в 1970 году.

В северной Италии большие бедствия приносят разливы По и Арно. В нашем столетии катастрофические наводнения произошли в 1951, 1952, 1966, 1968 годах. В результате проливных дождей осенью 1966 года По и Арно вышли из своих берегов и затопили обширные площади сельскохозяйственных угодий в Ломбардии, Пизу, Венецию, Флоренцию. В Венеции на площади Святого Марка высота стояния воды достигала 2 метров. Необычайно сильно пострадала Флоренция. По описанию очевидцев, после спада паводка город представлял собой огромное болото. Большинство жилых построек, зданий, государственных учреждений, магазинов и промышленных предприятий были разрушены или сильно повреждены. Большой ущерб был нанесен дворцам, музеям, картинным галереям; стихия уничтожила множество произведений

живописи и скульптуры, архитектурных памятников — того, чем славен этот красивейший город. Во Флоренции во время наводнения погибло 36 человек, а ущерб, если можно вообще оценить погибшие бесценные шедевры, составил примерно 640 миллионов долларов — в то время это было сопоставимо со средним ущербом от наводнений в США.

Из всех видов наводнений паводки, в особенности внезапные, представляют в Соединенных Штатах самую большую опасность. Наиболее часто им подвергаются земли в бассейне Миссисипи, особенно в ее нижнем течении и в долинах ее притоков — Миссури, Огайо, Теннесси и др. Трагические последствия носят разливы Колорадо, Колумбии, Сакраменто, Рио-Гранде и их притоков.

Одним из наиболее катастрофических наводнений был паводок на Теннесси, затопивший город Чаттануга в 1867 году. Через 17 лет наводнение в нижнем течении Миссисипи в районе Нового Орлеана продолжалось 107 дней. Сильно пострадал этот город во время бедствия в 1927 году. Наводнение того года можно считать выдающимся в истории США. Уровень воды у города Кейро составил 17 метров над местным ординаром. Защитные дамбы были разрушены более чем в 200 местах, и водный поток высотой 4 метра, переливаясь через промоины в них, опустошил в речной долине обширнейшие территории.

В 1977 году по территории США прокатилась целая серия катастрофических паводков. В штате Пенсильвания наблюдался паводок, который бывает раз в 500 лет. В районе города Джон-

стауна было разрушено 2 плотины, размыты дороги, слой наносов из песка и ила составлял несколько метров. Погибло или пропало без вести более 50 человек. В штате Канзас в ноябре в результате прошедших с небольшим интервалом друг за другом ливней, когда слой осадков был выше 400 миллиметров, разлилась река Бреш-Ривер. В городе Канзас погибло 20 человек, а нанесенный материальный ущерб составил несколько миллионов долларов. В апреле того же года в районе Аппалачей, на востоке страны, от сильнейших наводнений пострадали штаты Кентукки, Теннесси, Виргиния и Западная Виргиния. Общий ущерб оценен в 400 миллионов долларов.

**Заторно-зажорные наводнения.** В конце осени и в начале зимы на реках северного полушария часто происходит образование внутриводного льда во время ледостава. При большой скорости течения и низких температурах воздуха вода охлаждается по всей глубине. Если температура воды в этот период опускается даже на незначительную величину ниже нуля, образуется внутриводный лед. Всплывая на поверхность, он создает рыхлые скопления — шугу. После установления ледяного покрова данный процесс заканчивается. Однако ранее образованная шуга, приносимая течением с верхних участков реки, всплывает, задерживается и нарастает под ледяным покровом, особенно у его кромок и за полыней. Такое явление называется забором. Вследствие забора вышележащие участки поймы могут подвергаться затоплению из-за повышения уровня воды. Бывает так, что затопленные участки поймы находятся

под водой в течение 1—2 месяцев. В таких случаях вода, залившая пойму, замерзает, что вызывает дополнительные трудности при восстановительных работах после спада уровня.

В отличие от зазорных наводнений затопления, вызываемые заторами льда, длятся обычно не более недели. Затопы происходят во время ледохода; значительные массы льда загромождают русло реки при встрече с каким-либо препятствием в виде островов, отмелей или искусственных сооружений. В результате происходит резкий подъем уровня воды. Наводнения заторного типа происходят на крупных реках, впадающих в северные моря. Ледоход на верхних, южных участках русла на таких реках начинается гораздо раньше, чем в устье. Роль преграды здесь играет кромка еще не растаявшего льда нижележащего участка реки, где ледоход еще не начался.

Большая одновременность замерзания и вскрытия, обусловленная значительной протяженностью крупных рек, приводит также к образованию монолитных ледяных заторов — наледей. Вода, поступая с еще не замерзших осенью или уже освободившихся ото льда весной верховий (в северном полушарии), сталкивается с промерзшими до дна участками низовий, накатывается на них и в условиях отрицательных температур замерзает, образуя огромные плотины из монолитного льда, иногда многометровой высоты. При потеплении процесс образования наледей прекращается, однако ледяные дамбы стают медленнее, и вода, не имея возможности двигаться вниз, выходит из берегов

В Соединенных Штатах были проведены подсчеты ущерба, наносимого зимними наводнениями. В целом он составляет 500 тысяч долларов в год, из них 250 тысяч приходится на ущербы от заторов. В 1976 году в СССР был издан «Каталог заторных и зазорных участков рек», в котором отмечено более 2400 таких участков, расположенных на 1167 реках. В азиатской части страны возможность зимних наводнений из-за перечисленных выше причин имеется на 570 реках и в европейской части нашей страны — на 600 реках

В СССР катастрофические заторные наводнения довольно часты на всех крупнейших сибирских реках — Оби, Енисее, Лене. Весной 1955 года при образовании мощного затора на Лене в 40 километрах ниже Якутска вода в реке поднялась на 10 метров. По берегам скопились огромные массы льда, образовав целые горы высотой до нескольких метров, что привело к нарушению значительных площадей сельхозугодий и к разрушению многих жилых и хозяйственных построек

**Завальные наводнения.** Экзогенные процессы, такие, как эрозия и денудация, в горах наиболее активны. Накопленный в большом количестве обломочный материал на крутых эродированных склонах приводит к возникновению обвалов и оползней. Эти процессы максимально активизируются при повышении сейсмической активности — землетрясениях и извержениях вулканов. Образованные в результате обвалов, осыпей или схода лавовых потоков естественные дамбы, перегородившие в узких горных долинах и ущельях речные русла, в конце концов

прорываются под усиливающимся напором воды подпруженной реки или озера. Часто из-за прорыва в горах образуется селевый поток, который обладает огромной разрушительной силой. Подпруживание горных рек и озер может происходить в результате схода селей, причиной чему служат сильные ливни. Не менее опасны в этом отношении сходы снежных лавин зимой там, где реки не замерзают.

Особо следует сказать о высокогорных озерах, подпруженных ледниками. Плотины, сложенные льдом, весьма недолговечны. Блоки льда в конце концов тают, разрушаются, и прорыв такой плотины возможен в довольно короткий срок по сравнению с плотинами, образованными горными породами и даже селевым потоком, которые могут существовать десятки, сотни и тысячи лет. Наиболее опасны пульсирующие ледники: их языки могут наступать с очень большой скоростью. Озера, перегороженные такими ледниками, могут возникнуть гораздо быстрее, чем озера, подпруженные менее динамичными ледниками.

С деятельностью ледников связаны наводнения, вызываемые прорывами внутриледниковых водоемов, возникающих в результате накопления талой воды во внутренних полостях, а также прорывами моренных озер.

Данный тип наводнений распространен весьма широко. В Западной Европе в Альпах прорывы завальных озер и вызываемые ими наводнения за последние 30 лет наблюдались каждые 2—3 года. В Гималаях за предыдущие 200 лет зарегистрировано 35 катастрофических паводков, произошедших

по причине прорыва подпруженных оползнями или ледниками озер. Так, например, в 1930 году в верхней части бассейна реки Шайок, притоке Инда, ширина образованной языком ледника перемычки в русле составила 2,5 километра, аккумулированный объем воды выше нее — 1,35 кубического километра, а максимальный расход воды при прорыве достигал 22 625 кубометров в секунду. В апреле 1964 года в нашей стране в бассейне Зеравшана в районе поселка Айни в результате интенсивных осадков, превысивших почти в 5 раз месячную норму, с северного склона Зеравшанского хребта в русло реки обрушился грандиозный оползень объемом 20 миллионов кубометров. Завал высотой 160 метров перекрыл русло. За 12 дней выше завала образовалось озеро длиной 12 и шириной 2 километра, где скопилось 90 миллионов кубометров воды. Однако прорыва озера не произошло и катастрофы удалось избежать благодаря вовремя принятым мерам, а именно строительству канала для отвода скопившейся воды.

**Морские нагонные наводнения.** Мы рассмотрели природные причины наводнений в речных долинах, на которые приходится большая часть ущербов. Однако не меньшую угрозу морским побережьям, лежащим на пути движения циклонов, представляют нагонные наводнения.

Сильные ветры при прохождении циклонов вызывают усиленное движение морских вод в сторону наветренного берега за счет механического воздействия ветра на водную поверхность и образования на ней уклона в сторону берега. В результате у побережья наблю-

дается подъем уровня воды. Кроме того, в центре циклона образуется так называемая длинная волна; ее длина во много раз превышает глубину акватории, где она движется. Высота волны значительно возрастает при прохождении в шельфовой — прибрежной мелководной — зоне. К этому же могут приводить сужения морских заливов. Одновременно последствием циклонов могут быть сейши, представляющие собой свободные колебания воды без ее перемещения вдоль поверхности около одного или нескольких центров, происходящие по инерции после ослабления ветра. Поэтому морские нагоны — чаще всего следствие совместного действия ветровых нагонов, длинных волн и сейш.

Однако для наводнения необходимо еще одно условие — низкий и пологий берег, такой, как в восточной части Финского залива у Ленинграда или в Нидерландах, где 25 процентов территории суши лежит ниже уровня моря. В таком случае подъем уровня воды при нагоне приводит к очень большому затоплению.

В устьях рек, имеющих небольшой уклон в сторону моря и большую глубину, нагонные волны могут распространяться вверх по течению на значительные расстояния. Нагон как бы подпруживает реку в ее нижнем течении, вызывая подъем уровня воды, и соответственно затопление. На Амазонке — крупнейшей реке Южной Америки — нагонная волна, образуемая океанским приливом, проходит из устья вверх с большой скоростью на расстояние до 1400 километров, а ее высота достигает порой 3 метров. Кстати, разрушительное воздействие морских на-

гонов усиливается, если приход циклона совпадает по времени с приливом

Крупнейшее нагонное наводнение XX века произошло в дельте Ганга в 1970 году. Причиной его был циклон, пришедший с океана. 10-метровая морская волна, гонимая штормовым ветром, скорость которого составляла 200 километров в час, повернула вспять священную реку. Вышедшие из берегов воды Ганга затопили около 20 тысяч квадратных километров. С лица земли были снесены десятки городов и сотни деревень, а число жертв, по некоторым оценкам, составило 1,5 миллиона человек. Поскольку наводнением были уничтожены почти все колодцы, большинство пострадавших районов остались без питьевой воды. Сотни тысяч людей умерли от голода и вспыхнувших эпидемий холеры и тифа

Самое катастрофическое наводнение в Европе в нашем столетии охватило территорию Голландии, Великобритании и ФРГ в 1953 году. В результате прохождения мощного циклона, сформировавшегося над Атлантикой, в Северном море образовалась высокая нагонная волна. В ночь с 31 января на 1 февраля при штормовом ветре необычайной силы на северное побережье Европы обрушились огромные волны, вызвали резкий подъем воды в эстуариях Рейна, Мааса, Шельды и других рек на 3—4 метра. В наибольшей степени пострадала территория Нидерландов. Защитные дамбы на побережье не смогли сдержать мощный напор волн и были прорваны во многих местах. Вода проникла в глубь страны более чем на 100 километров, затопив 8 процентов ее территории. Жертвами

стихийного бедствия в Нидерландах стали 2 тысячи человек.

В нашей стране наиболее разрушительные по своим последствиям нагонные наводнения отмечались в Ленинграде.

С момента основания Петербурга и по настоящее время город подвергался наводнениям более 300 раз. С 1703 года зарегистрировано 264 наводнения, когда вода поднималась выше 1,5 метра над ординаром — отметкой среднего уровня моря, определенной за период столетних наблюдений за ним на пристани в районе Горного института.

Катастрофические наводнения отмечались в 1703 и 1777 годах. Но одним из самых трагических по своим последствиям был штормовой нагон в 1824 году. Уровень воды в Финском заливе и в устье Невы поднялся выше 4 метров. Читатель наверняка знаком со знаменитой поэмой А. С. Пушкина «Медный всадник», в которой описано наводнение именно того страшного года:

...Погода пуще свирепела,  
Нева вздувалась и ревела,  
Котлом хлопоча и клубясь,  
И вдруг, как зверь остервенясь,  
На город кинулась. Пред нею  
Все побежало, все вокруг  
Вдруг опустело — воды вдруг  
Втекли в подземные подвалы,  
К решеткам хлынули каналы,  
И всплыл Петрополь, как тритон,  
По пояс в воду погружен.  
Осада! приступ! злые волны,  
Как воры, лезут в окна. Челны  
С разбега стекла бьют кормой.  
Лотки под мокрой пеленой,  
Обломки хижин, бревны, кровли,  
Товар запасливой торговли,  
Пожитки бледной нищеты,  
Грозой снесенные мосты,  
Гроба с размытого кладбища  
Плывут по улицам!

Другим памятником того трагического события можно назвать братские могилы на одном из городских кладбищ. На них начертано: «Читатель, се памятник божья наказания. Здесь сокрыто 160 тел обоего пола православных христиан и невинных младенцев казенного чугунно-литейного завода, утопших в день страшного наводнения 1824 г., ноября 7 дня»

Наводнение, происшедшее в Ленинграде в 1924 году, по своим катастрофическим последствиям лишь немногим уступало бедствию столетней давности. Вечером 23 сентября при ураганном ветре, скорости которого достигала 42 метров в секунду, уровень воды, вышедшей из берегов Невы, поднялся почти на 370 сантиметров выше ординара. Рушились деревянные здания и мосты, полностью остановилось движение городского транспорта. Вода в иных местах стояла так высоко, что верховые передвигались по улицам на лошадях вплавь. По впечатлениям очевидцев, «повсюду стоял страшный шум и треск, как при артиллерийском обстреле». Только через 7 часов вода ушла из самых низких мест города.

В 1955 году во время октябрьского наводнения вода в Неве поднялась на 282 сантиметра. В ноябре 1978 года — на 2 метра. Тогда затоплению подверглись обширные территории Кронштадта, Васильевского острова, Ждановского, Петроградского и других районов города. Конечно, число жертв в последние десятилетия несравнимо с имевшими место в прошлые века и в начале XX столетия. В первую очередь это связано с тем, что город успевает подготовиться к стихийному бедствию, так как наводнения в Ленинграде на-



учились прогнозировать. Сейчас ленинградцы получают от синоптиков предупреждение по крайней мере за 6 часов, что дает возможность заблаговременно принять экстренные защитные меры.

**Цунами.** Наводнения, вызываемые волнами цунами, — страшный бич Тихоокеанских побережий Азии и Америки.

Цунами — это длинные гравитационные волны, образующиеся в 99 процентах случаев при подводных океанических землетрясениях. Они связаны с вертикальными подвижками больших участков океанического дна. Очаг цунами почти всегда находится рядом с эпицентром землетрясения. Скорость распространения цунами велика и достигает иногда 1000 километров в час. Длина волн варьирует в значительных пределах от 5 до 1500 километров. Обычно цунами — это несколько (две, три или более) волн, идущих друг за другом. В открытом океане заметить их невооруженным глазом практически невозможно, так как их высота не превышает 2 метров. Однако по достижении шельфа высота волны резко увеличивается. Гигантский водяной вал высотой от 10 до 50 метров представляет собой бурлящую пенящуюся стену с почти вертикальным фронтом.

Существует ряд особенностей, делающих наводнения от цунами наиболее опасными. Из-за трудностей определения эпицентра цунами и большой скорости ее перемещения на оповещение и эвакуацию населения на побережье остаются буквально считанные минуты. Поэтому очень часто цунами оказываются неожиданными, а население — неподготовленным. Обрушиваясь на берег, цунами со-

здают ударную волну, которая сама по себе обладает огромной разрушительной силой. Затопляя прибрежную зону, океанская вода при обратном движении создает водовороты в береговых понижениях рельефа, в которые затягивает все, что попадаете ей на пути. Наводнения, порождаемые цунами, характеризуются неожиданностью, цикличностью, быстротечностью и колоссальной разрушительной силой.

Образование волн цунами приурочено к глубоководным океаническим желобам, где наиболее часто происходят крупные подводные землетрясения. Японский, Алеутский, Курило-Камчатский и Перуанско-Чилийский глубоководные желоба в Тихом океане — основные источники цунами. На берега Японии в среднем 1 раз в 15 лет обрушиваются волны высотой около 8 метров. А за последние 1300 лет произошло 4 катастрофы, когда высота цунами превышала 30 метров. От этого бедствия страдают жители Аляски и Гавайских островов, Курильских островов и Камчатки, Перу и Чили. В настоящее время известно более тысячи случаев, когда наводнения, порождаемые цунами, сопровождались большими человеческими жертвами и огромными разрушениями.

В прошлом веке самое страшное цунами было вызвано извержением вулкана Кракатау в Индонезии в 1883 году. Высота волны при подходе к индонезийским островам Яве и Суматре составила около 40 метров. О мощности цунами можно судить по такому примеру: волнами выбросило военный катер, находившийся на рейде, на расстояние 3,5 километра от берега. Общее число жертв

приближалось к 36 тысячам человек.

В нашей стране за последнее время наиболее катастрофические последствия имело цунами, обрушившееся на Курильские острова в 1952 году. В ночь с 4 на 5 ноября, через 45 минут после первых подводных толчков, на город Северо-Курильск накатилась огромная волна. Через несколько минут она отхлынула в море, унося с собой обломки зданий, деревья, машины. Отступление волны было чрезвычайно быстрым и интенсивным, а дно пролива обнажилось на протяжении нескольких сотен метров. Через 20 минут на город нахлынула вторая волна. Она была еще больше первой: ее высота составляла 10 метров, а разрушительная сила столь велика, что позади себя она оставляла только фундаменты зданий. Морской водой оказались залиты обширные площади вплоть до гор, окружающих город. Участок берегового вала и расположенная к востоку от Северо-Курильска гора Дунькин Пуп на некоторое время стали островами. При откатывании второй волны к котловине, ближе к центру города, образовался гигантский водоворот, в котором с бешеной скоростью вращались всевозможные обломки и мелкие суда. В течение нескольких минут погибло много людей.

На Атлантическом побережье Европы цунами — гораздо более редкое явление, чем в странах Тихоокеанского бассейна. Однако и здесь происходили значительные наводнения, вызванные подобной причиной. Пожалуй, самой грандиозной катастрофой было разрушение в 1755 году Лиссабона 15-метровой волной, что повлекло за собой гибель 70 тысяч

жителей столицы Португалии. Вообще за период с 1900 по 1960 год зарегистрировано около 230 относительно небольших цунами, приуроченных главным образом к Атлантическому побережью (Испания, Португалия) и северному и восточному побережьям Средиземного моря (Италия, Греция, Турция).

В заключение этого раздела приводим хронику наводнений, охвативших практически все районы Земли в 1988 году.

**Африка.** Самые сильные дожди за последние 50 лет повлекли за собой хаос и разрушения в странах Сахеля, страдавших уже на протяжении нескольких лет от сильнейшей засухи. На территории, протянувшейся на 5 тысяч километров от Сенегала на западе до Судана на востоке, в результате наводнений более 2 миллионов человек остались без жилищ и по меньшей мере 100 человек погибли. Уровень Нила поднялся до рекордной отметки, зарегистрированной в последний раз в 1946 году. Не выдержала натиска воды крупнейшая в Северной Нигерии плотина — Багауда. В результате ее разрушения в стране были затоплены огромные пространства. В районах Центральной Африки усилилась угроза вспышек холеры. Дожди и постоянное затопление создали идеальные условия для развития личинок саранчи, которые в состоянии уничтожить скудную растительность Сахеля за несколько часов.

**Азия.** Проливные дожди в конце августа вызвали значительное повышение уровня в крупнейшей реке Китая — Янцзы. В наибольшей степени пострадали от наводнения провинции Хэйлунцзян и Чжэцзян. Без крова остались 700

тысяч человек, уничтожены посевы на 3,3 миллиона гектаров, разрушено 1500 километров железных дорог. В столице Турции Анкаре после самого сильного за последние 45 лет наводнения более 550 домов оказались под водой. В Индии муссонные ливни привели к резкому повышению уровня воды в Ганге. Около миллиона человек покинули свои жилища в северных областях Бангладеш, затоплено более половины территории Дакки. Число погибших людей в городе приблизилось к 100.

20 тайфунов обрушилось в 1988 году на Филиппины. Последний, под названием «Скип», привел к гибели по меньшей мере 360 человек и 400 тысяч оставил без крова; наводнения затопили огромные площади с посадками риса — основной продовольственной культуры страны. Не меньшие беды принесли наводнения, вызванные циклонами, странам Юго-Восточной Азии — Малайзии и Таиланду.

Сильно пострадали многие районы нашей страны, расположенные в азиатской части. В результате заторов льда и сильных ливней оказались затопленными обширные площади в поймах сибирских рек — Лены и Енисея. В Закавказье после продолжительных майских дождей вышли из берегов Кура и Аракс. На западном побережье Каспийского моря положение усугубилось образованием нагонной волны. Разрушены сотни домов, затоплены десятки тысяч гектаров посевов. По сообщениям газет, человеческих жертв не было, однако материальный ущерб, по предварительной оценке, составил 7 миллионов рублей.

Разбушевавшийся над значительной частью Забайкалья в августе циклон обрушил ливни на северо-

восточные районы Бурятии. Реки Витим и Уда вышли из берегов, под водой оказалось около 200 домов, более 75 тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. Горные реки снесли более десятка мостов.

27 тысяч домов подтоплено в 130 населенных пунктах, выведено из строя 150 километров дорог, 9 мостов. Затоплено более 350 тысяч гектаров пашни. В бедственном положении оказалось около 700 тысяч человек. Все это — результат наводнения в Краснодарском крае. По мнению специальной межведомственной комиссии, наводнение вызвано не только интенсивными ливнями, но и непродуманной хозяйственной деятельностью.

**Латинская Америка.** Страшные последствия имел прошедший в начале осени над территорией Мексики ураган «Дебби». По неполным данным, более 30 человек погибло, десятки пропали без вести, 30 тысяч осталось без крова. В сентябре ураган «Джилберт» стал причиной самого сильного в нынешнем столетии наводнения в северо-восточных районах Мексики: погибло более 100 человек, 800 тысяч осталось без крова или понесло большой материальный ущерб. Практически полностью оказался затопленным второй по величине город страны — Монтеррей. В столице Мехико после не прекращавшихся в течение 5 суток тропических ливней погибло 50 человек. 32 погибших и 3000 лишившихся жилищ (Колумбия), 36 погибших и 20 000 без крова (Сальвадор) — все это жертвы «Джилберта».

Масштабы национальной трагедии приняло наводнение, вызванное приходом урагана «Джоан» в

октябре в Никарагуа. 50 человек погибших, 300 тысяч потерявших кров, опустошен остров Корн-Айленд, уничтожены города Рамма, Ла-Эсперанса, Блуфилдс. Нет питьевой воды, света, связи. Погибли урожаи риса, фасоли, бананов. По минимальной оценке, ущерб, нанесенный только энергетике и сельскому хозяйству страны, составил около 4,5 миллиона долларов. В стране было объявлено чрезвычайное положение.

## Антропогенные причины наводнений

Причины наводнений, обусловленные антропогенными факторами, можно разделить на прямые и косвенные. Такие виды хозяйственной деятельности на водосборах, в речных долинах и на поймах, как сведение лесов, осушение болот, промышленная и жилищная застройка, ведут к изменению гидрологического режима рек, в основном за счет увеличения поверхностной составляющей стока, что непосредственно не приводит к возникновению наводнений. Но в период прохождения пиков паводков и половодий угроза наводнений значительно возрастает. Эти причины являются косвенными. Прямые антропогенные причины приводят непосредственно к большим затоплениям и связаны с проведением различных гидротехнических мероприятий и разрушением плотин.

Одна из причин увеличения максимального стока в период прохождения паводков и половодий — сведение лесов, в результате чего уменьшается инфильтрационная способность почв и увели-

чивается интенсивность их смыва. Увеличению стока способствует также сокращение суммарного испарения в связи с прекращением перехвата осадков лесной подстилкой и кронами деревьев, задерживающих до 30 процентов суммы осадков. Установлено, что после полного сведения лесов в зависимости от географических условий максимальный поверхностный сток возрастает на 250—300 процентов. Несмотря на широкомасштабные лесовосстановительные и лесоохранные мероприятия, особенно широко проводимые в настоящее время в Европе и в Северной Америке, общая лесная площадь мира, по всей очевидности, будет сокращаться. По некоторым прогнозам, к 2000 году она составит 3,5 миллиарда гектаров — 87 процентов от современной площади.

Большое влияние на увеличение максимального стока оказывает не всегда продуманное ведение сельского хозяйства. Осушение болот — естественных аккумуляторов стока — приводит к возрастанию его максимальных значений от 20—40 до 130—160 процентов. В результате снижения инфильтрационных свойств почв в процессе их сельскохозяйственного использования за период с IX по начало XX века в центральных районах России поверхностный сток, по некоторым расчетам, увеличился в 4 раза, режим рек стал менее благоприятным, с более интенсивными паводками и низкой меженью. На почвах с легким и средним механическим составом в результате периодической распашки развивается эрозия, также ведущая к увеличению максимального стока. Продольная распашка склонов, переуплот-

нение полей при использовании тяжелой техники, переполивыв в результате нарушения норм орошения — все это факторы, усиливающие интенсивность паводков и половодий.

Уменьшение инфильтрационных свойств почв — одна из основных причин усиления максимального стока в городах. Это связано с ростом водонепроницаемых покрытий и застройкой. Расчеты, сделанные для ряда городских водосборов США, показали, что при увеличении водоупорных покрытий на урбанизированной территории примерно в 3 раза (с 12 до 40 процентов от общей городской площади) средние расходы паводков также увеличиваются в 3 раза, а время добегания паводковой волны уменьшается в 7 раз. В Канаде и Японии максимальные расходы в городах возросли за последние десятилетия в 2,5 раза, в Великобритании — в 1,5 раза.

К существенным изменениям гидрологического режима, в частности увеличению максимального стока, ведет хозяйственное освоение пойм — естественных регуляторов стока. В нормальных условиях на них в период прохождения паводков и половодий поступает от 35 до 60 процентов воды, часть которой испаряется или фильтруется почвой. Перечисленные выше виды антропогенного воздействия на природную среду в условиях пойм значительно ухудшают их регулирующую способность.

Помимо перечисленных факторов, оказывающих значительное влияние на усиление наводнений, существует ряд причин, приводящих непосредственно к формированию наводнений. К ним относится неправильное проведе-

ние паводкозащитных мероприятий, что ведет порой к возникновению еще более катастрофических наводнений. Характерным примером в этом отношении могут служить уже упоминавшиеся последствия осущестления во второй половине прошлого века проекта защиты от наводнений территорий в среднем и нижнем течении Тисы в Венгрии. Для увеличения пропускной способности в период прохождения паводков русло реки в особенно извилистых местах было спрямлено и углублено, длина его в результате сократилась на 480 километров. Вдоль участков, не охваченных русловыправительными работами, была возведена система обвалования. Во время паводка в 1879 году углубленные и спрямленные участки Тисы пропустили гораздо большую часть стока, нежели в естественных условиях. Однако в неуглубленных и неспрямленных участках, где пропускная способность русла осталась прежней, уровень воды резко повысился, нагрузка на дамбы обвалования возросла, в результате чего они были прорваны во многих местах. Это привело к затоплению огромной территории. Особенно сильно пострадал Сегед, практически полностью разрушенный наводнением.

Причиной наводнений может служить разрушение искусственных плотин. Происходящие в этих случаях затопления наиболее опасны по двум причинам: из-за их неожиданности и молниеносного прохождения огромных масс воды. С 1800 по 1983 год было разрушено около 60 крупных плотин, в результате чего погибло 16 тысяч человек.

В 1959 году во Франции рухнула

плотина Мальпассе высотой более 66 метров в результате просадок грунта под ее основанием. 2 декабря в 9 часов вечера после продолжительных дождей, ускоривших процесс разрушения основания, жители города Фрежюс, неподалеку от которого находилась плотина, услышали серию оглушительных взрывов — это прорвались воды водохранилища, разрушив перемычку. Плотина рухнула мгновенно. Сила ударной волны была такова, что лопались оконные стекла и двери слетали с петель. Объем обрушившейся на город воды составил 25 миллионов кубометров — целое водохранилище! В результате этой катастрофы было разрушено большинство кварталов Фрежюса, погибло более 400 его жителей.

В 1973 году в результате переполнения водохранилища в период небывалых по силе дождей рухнула плотина Буффало-Крик, не выдержав напора. Высота волны паводка, обладавшего огромной скоростью, составила 6 метров. Погибло 118 человек, общий ущерб составил 65 миллионов долларов.

Приведем еще один пример катастрофического молниеносного паводка, произошедшего по антропогенной причине. Известно, что в сейсмически активных районах создание водохранилищ приводит к усилению эндогенных процессов. 9 октября 1963 года на территории Италии в глубоководном (до 250 метров) водохранилище Вайонт на реке Пьяве произошел оползень объемом более 240 миллионов кубометров, вызванный подземными толчками — проявлением усилившейся сейсмоактивности в период заполнения водохранилища. Оползень заполнил чашу водоема, и вызванная им

гигантская волна, сравнимая по размерам с цунами, переклестнула гребень плотины и затронула несколько городов: Лангароне, Пираго, Вилланова, Ривальта и др. Погибло тогда 3 тысячи человек.

## Как подсчитать материальный ущерб?

Причиняемый наводнениями материальный ущерб подразделяется на прямой и косвенный. Прямой — это ущерб от разрушений и повреждений строений и сооружений в зоне затопления, порчи продукции и оборотных средств предприятий (сырья, топлива), расходы в период организации спасательных работ (строительство временных защитных сооружений, оказание помощи и эвакуация населения, вывоз материально-технических ценностей), а также расходы на помощь отдельным учреждениям, предприятиям и лицам (кредиты с меньшими процентными ставками или без таковых, списание долгов, освобождение от налогообложения, выплата временных денежных и натуральных пособий, выплаты по страхованию), затраты на восстановительные работы в последующий за наводнением период. При четко налаженном учете подсчет такого ущерба не представляет особых трудностей.

Значительно труднее учитывать косвенный ущерб, который можно разделить на две группы. К первой относятся потери, которые хотя бы приблизительно можно оценить. Это расходы на освоение новых сельскохозяйственных земель взамен выбывших из оборота в период затопления, на переселение людей, перенос строений

и сооружений, убытки от падежа скота из-за гибели кормов, затраты на медицинское обслуживание при росте инфекционной заболеваемости в период наводнения и т. д. Ко второй группе относятся потери, определение которых в денежном выражении представляет большие трудности, а иногда просто невозможно: убытки от произведенной промышленной и сельскохозяйственной продукции, от невыполнения транспортных перевозок, снижения их технико-экономических показателей, потери от снижения плодородия почв и т. п. Необходимо учитывать еще и то обстоятельство, что периодические наводнения сдерживают интенсификацию или вовлечение в оборот сельскохозяйственных угодий, что в принципе также можно отнести к убыткам от наводнений. Так, на Дальнем Востоке — регионе, в СССР в наибольшей степени страдающем от периодических паводков и половодий, где на долю сельского хозяйства приходится около 55 процентов от общего ущерба от наводнений по региону, не используется по причине ежегодного затопления 47 процентов из 1,4 миллиона гектаров плодородных пойменных земель.

Для расчета ущерба от наводнений существенное значение имеет их классификация. Наводнения классифицируют по высоте и скорости подъема воды, по обеспеченности паводков и половодий, по причиняемому ущербу, по площади затопления. Предлагаемая ниже классификация основана на размере затопления территории, составе затопляемых объектов и причиняемом ущербе. К первой категории относятся небольшие наводнения (затопляются

только сенокосные угодья в пределах низких пойменных участков); ко второй — средние наводнения (добавляется затопление пахотных угодий и сельских населенных пунктов); к третьей — сильные (затопляются частично города и элементы инфраструктуры, в зоне наводнения находится большая часть поймы, необходима эвакуация и другая оперативная помощь); к четвертой — катастрофические (наносится значительный ущерб городам, всем элементам инфраструктуры, включая шоссе и железные дороги, линии электропередачи; из хозяйственного использования выбывают все пойменные угодья, нарушаются противопаводковые сооружения; наводнение охватывает значительную часть бассейна или несколько речных систем; ведутся широкомасштабные спасательные работы).

Следует учесть, что размеры ущерба зависят не только от площади затопления, но и от целого ряда других факторов, важнейшие из которых: время и продолжительность наводнения, скорость подъема воды, обеспеченность паводка или половодья, время добегания волны, наличие защитных сооружений и степень их надежности, обеспечение точным и своевременным прогнозом, подготовленность населения. Для каждой отдельной отрасли хозяйства наибольшее значение имеет один или группа определенных факторов. Так, например, из указанных факторов для сельского хозяйства особенно важно время наводнений. Наводнения одной и той же обеспеченности, происходящие весной до начала сева или в конце лета —

начале осени в период уборки урожая (для условий умеренного климата) причиняют совершенно различные ущербы.

Максимально точная оценка ущербов от наводнений необходима не только для правильного выбора стратегии борьбы с ними, но и для объективной оценки возможности использования территорий с точки зрения долгосрочного хозяйственного планирования, в основе которого лежит организация рационального использования природных ресурсов районов, подверженных наводнениям.

## Методы защиты от наводнений

Борьба человека с наводнениями началась очень давно. Крупные противопаводковые гидротехнические сооружения возводили жители Месопотамии, Египта, Китая, Индии еще до нашей эры. В III тысячелетии до нашей эры в Сирии была построена Хомская плотина. Она защитила от затопления долину реки Оронт. В древнем Вавилоне для отвода паводковых вод реки Евфрат был сооружен специальный канал, по которому в период паводка воды крупнейшей реки Центральной Азии устремлялись в естественную впадину Хаббания. После спада пиков паводков воду, накопленную в этом естественном резервуаре, использовали для орошения. Аналогичным способом пользовались жители древнего Египта. Примерно в 2000 году до нашей эры они отвели часть максимального стока в нижнем течении Нила по искусственно углубленному рукаву реки в Файюмскую котловину, в 60 километрах

от Каира. В Европе строительство противопаводковых сооружений началось значительно позже — примерно в VIII веке были построены первые противопаводковые дамбы вдоль берегов рек.

Все защитные мероприятия, проводимые в настоящее время, могут быть разделены на инженерные и неинженерные. Под инженерными понимаются мероприятия, направленные на регулирование, задержание или отвод максимального стока с целью предотвращения затоплений территорий при помощи искусственных сооружений. К таким мероприятиям относятся: 1) аккумулярование максимального стока в специальных противопаводковых водохранилищах и в водохранилищах комплексного назначения, проведение в период паводков и половодий аварийных сбросов из них; 2) отвод максимального стока из реки в специальные водоемы-накопители или в естественные понижения в рельефе при помощи каналов и насосных станций; 3) обвалование берегов рек — строительство вдоль берегов насыпей, валов или дамб, не позволяющих затоплять пойму при поднятии уровня воды в реке; 4) русловыправительные работы — увеличение способности русел рек пропускать сток паводка или половодья без поднятия уровня воды в реке; работы осуществляются путем углубления, спрямления или расширения русел; 5) проведение на пойме земляных работ, способствующих уменьшению площади затопления, — повышение отметок местности подсыпкой грунта, дренирование затопляемых территорий, укрепление берегов и пойменных террас; 6) создание в городских



и промышленных зонах систем ливневой канализации и искусственных емкостей для накопления и последующего отвода максимального стока; 7) искусственное регулирование ледовых явлений; в данном случае имеются в виду меры, направленные на борьбу с зимними наводнениями зажорного и заторного типов, когда, в частности, для разрушения ледового покрова на реках используют ледоколы или проводят взрывные работы; 8) строительство заградительных дамб, перегородивающих реки в их устьях и эстуариях и предназначенных для предотвращения морских нагонных наводнений.

Практика показывает, что в глобальном масштабе одни инженерные мероприятия не могут обеспечить полной защиты от наводнений. И это связано не только с ошибками при противопаводковом строительстве. Данный вопрос интересно рассмотреть с чисто психологической точки зрения. Очень часто после сооружения тех или иных гидротехнических сооружений у населения защищенной территории возникает уверенность в том, что возможность затопления исключена. Хозяйственная деятельность возрастает: под сельхозугодья осваиваются новые земли, строятся жилые здания и промышленные предприятия, воздвигаются мосты и прокладываются дороги. В случае же возникновения исключительно высокого половодья или паводка, когда по той или иной причине защитные сооружения оказываются неспособными выполнять свои функции, ущербы от затоплений многократно увеличиваются. Люди платят дань за свою самоуверенность. Поэтому сейчас все чаще и чаще

встает вопрос о более рациональном хозяйствовании на затопляемых поймах рек, что наряду с проведением инженерно-технических мероприятий позволяет значительно сократить ущербы от наводнений.

## **Борьба с наводнениями в СССР\***

Борьба с наводнениями в нашей стране в широких масштабах стала проводиться с 30-х годов. Это связано с началом крупного гидротехнического строительства. Одним из первых значительных результатов было снижение угрозы наводнений на обширнейших пойменных территориях Волги от Дубны до Астрахани в результате сооружения каскада комплексных водохранилищ Рыбинского, Горьковского, Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского. Благодаря созданию Рыбинского водохранилища был выровнен сток на значительном участке Волги, а уровни весеннего половодья у Ярославля не превышают теперь 2—3 метров над средним многолетним. Особую роль сыграли водохранилища в защите Москвы от наводнений. После ввода в действие Москворецкой системы и водохранилищ на притоках Москвы-реки — Наре, Рузе, Истре — опасность высоких наводнений в городе практически полностью ликвидирована.

Большое значение имело создание днепровского каскада водохранилищ в экономике Украинской ССР. Цена, которую

---

\* Редакция согласна далеко не со всеми выводами авторов о роли водохранилищ в защите от наводнений.

пришлось заплатить за обуздание водной стихии реки, была очень высока — при заполнении водохранилищ оказались затопленными тысячи гектаров плодороднейших земель. Однако стало возможным оросить сотни тысяч гектаров засушливых земель в запорожских и херсонских степях, дать воду Крыму и снабжать крупнейшие промышленные районы страны водой в Кривом Роге и Донецке. Влияние верхнего в каскаде Киевского водохранилища на величину максимального весеннего стока сказывается в уменьшении его величины для различных по водности лет на 8—12 процентов, в створе Кременчугской ГЭС расходы воды за весенний период уменьшились для многоводного года на 22 процента и для маловодного — на 51 процент. В целом же влияние всего каскада, в который также входят водохранилища Каховской, Днепродзержинской и Каневской ГЭС, проявилось в снижении объема половодья в многоводные годы на 20—30 процентов и в маловодные — на 70—80 процентов, в водохранилищах задерживается свыше 25 кубических километров вод половодий и паводков.

Основная роль в защите земель от наводнений на Дальнем Востоке отводится опять-таки водохранилищам. Например, Зейское водохранилище, затопившее 4 тысячи гектаров сельскохозяйственных угодий, дает возможность вовлечь в оборот свыше 80 тысяч гектаров плодородных земель. Сооружение гидроузла с водохранилищем полезным объемом 32 кубических километра извлекло долину Зеи, крупнейшего левого притока Амура, от наиболее разрушительных наводнений, а паводки, ко-

торые раньше повторялись каждые 2—4 года, случаются теперь лишь 1 раз в 10—15 лет.

Примером комплексного решения проблемы защиты от наводнений может служить проведение противопаводковых мероприятий на реке Кубань. За период с 1933 по 1983 год пойма реки затоплялась 46 раз. Исходя из исключительной ценности кубанских земель, в бассейне были выполнены большие объемы работ по обвалованию: общая протяженность дамб составила 900 километров. Они защитили от наводнений, вызываемых в основном ежегодными паводками, около 6,5 тысячи квадратных километров территории, на которой проживало более 360 тысяч человек. Однако в период прохождения паводка на обвалованной реке образовывались ледяные заторы, в основном в междамбовом пространстве из-за сравнительно небольших расстояний между дамбами. В результате происходило резкое повышение уровня воды, которая переливалась через гребни даже самых высоких дамб, часто разрушались и сами дамбы. Проблема была решена благодаря созданию большого Краснодарского водохранилища объемом 3 кубических километра, позволившего срезать пик паводков обеспеченностью 0,1—1 процента до расходов, безопасных для системы обвалования. Кроме того, была ликвидирована опасность частых ледяных заторов путем регулирования расходов во время ледохода.

Касаясь вопроса защиты земель от наводнений при помощи регулирования стока, нельзя не отметить, что существует ряд серьезных препятствий, мешающих применению этого радикального ме-

тогда борьбы с паводками и наводнениями. Эти препятствия в первую очередь связаны с тем негативным влиянием на природную среду, которое после создания искусственных озер порой принимает весьма широкие масштабы.

Редко какие-либо творения рук человеческих имели столько сторонников и противников, как водохранилища. В конце 50-х — начале 60-х годов и теперь, начиная с середины 80-х годов, в нашей стране вокруг них разыгрываются настоящие баталии. Мнения высказываются самые противоположные — от обоснования необходимости создания грандиозных водоемов на равнинных реках до требования спустить все существующие водохранилища. Истина, видимо, находится где-то посередине.

Действительно, созданные для решения тех или иных хозяйственных нужд водохранилища стали явлением планетарного масштаба и привели к изменению природной среды, причем не всегда в желательную сторону; экономический эффект от их создания нередко был далек от ожидаемого. С другой стороны, регулирование стока оказало значительное влияние на развитие экономики, и это касается в первую очередь их роли в защите от наводнений, вовлечении новых земель в сельскохозяйственный оборот за счет орошения, обеспечении водой населения и заводов там, где недостаток водных ресурсов оказывал серьезное ограничивающее влияние на развитие коммунального хозяйства и промышленности, покрытие пиковых нагрузок за счет выработки электроэнергии на ГЭС.

При создании водохранилищ

преобразуется ландшафт речных долин. На крупных реках вместо русла шириной от нескольких сотен метров до 1—3 километров создаются озеровидные водоемы шириной до 10—20 километров и более и протяженностью в десятки и сотни километров. Глубина водохранилищ достигает на равнинах 20—40 метров, а в предгорьях и горах — 100 и даже 200—300 метров. По площади водного зеркала большие водохранилища сопоставимы с крупными естественными озерами.

Ниже водохранилищ ландшафт речной долины существенно изменяется. В результате «срезки» пиков или полного прекращения паводков уменьшаются площади весеннего затопления поймы, происходит снижение уровня грунтовых вод. Из-за снижения количества твердых частиц, которые обычно несет река, русла и берега ниже гидроузлов размываются. Особенно значительно изменяются речные долины при отводе всего или большей части речного стока по каналам или тоннелям в соседние речные бассейны.

Процессы, происходящие в самом водохранилище, — течения, перемешивание, формирование температурной стратификации, минерализация и аэрация, гидрохимические и гидробиологические изменения — в значительной степени зависят от его проточности. Но по сравнению с речными условиями проточность водохранилищ и скорость пробега воды в них уменьшаются иногда более чем в 10 раз. Поэтому речные воды трансформируются в водохранилищные водные массы, в которых образуются специфические биоценозы.

Изменение гидрологического

режима оказывает большое влияние на прилегающие к водохранилищу территории. Из-за появления в речных долинах больших водных масс, аккумулирующих и затем медленно отдающих значительное количество тепла, большой площади водного зеркала и других факторов, над самим водоемом и на прилегающих территориях изменяется микроклимат — радиационный баланс, температура, влажность, ветровой режим и т. д. Но влияние даже крупных водохранилищ на климат сказывается более или менее заметно в полосе 1—3 километров от берега и не распространяется далее 10—15 километров.

Из-за изменения гидрологических и климатических условий на прилегающих к водохранилищам территориях уровень грунтовых вод повышается, нередко земли заболачиваются, изменяется их минерализация, почвы трансформируются.

Основная проблема равнинных водохранилищ — затопление и подтопление земель при их наполнении. В целом по СССР в связи с созданием водохранилищ затоплено 7 миллионов гектаров земель. Структура изъятых сельскохозяйственных угодий характеризуется следующими показателями: пашня — 0,7 миллиона (10 процентов), сенокосы и пастбища — 1,8 миллиона гектаров (29 процентов). Площади земель, попадающих в зоны переформирования берегов, составляют, по данным многочисленных исследований, 3—5 процентов площади затопления. Таким образом, общая площадь земель с учетом переработки берегов достигает 7,3, в том числе 2,6 миллиона гектаров сельскохозяйственных земель.

Примерно 10—15 процентов (лишь по отдельным водохранилищам — 70—80) площади затопления приходится на площадь подтопления. Однако подтопленные земли не отчуждаются у землевладельцев и во многих районах продолжают использоваться в сельском хозяйстве. Пашни трансформируются в сенокосы и выгоны. Последние остаются, хотя их качество ухудшается, но в некоторых случаях может улучшаться. Снижение продуктивности подтопленных кормовых угодий до 50 процентов может быть в природных условиях средней полосы при повышении уровня грунтовых вод до 1 метра. В зоне тайги, в условиях избыточного увлажнения, при подъеме уровня грунтовых вод до 1,5—2 метров продуктивность пастбищ и сенокосов также снижается в результате усиливающихся процессов заболачивания почв. В то же время в засушливой зоне (в частности, на Саратовском водохранилище) при подъеме уровня грунтовых вод до 30—40 сантиметров наблюдается увеличение урожайности трав.

Значительные площади земель, в том числе и сельскохозяйственных, изымаются для размещения объектов, выносимых из зон воздействия водохранилищ. На некоторых водохранилищах доля таких земель достигает 10—15 процентов площади затопленных угодий.

Учитывая вышесказанное, можно заключить, что общая площадь земель страны, используемая в сельском хозяйстве, в результате создания водохранилищ уменьшилась примерно на 3 миллиона гектаров, или на 0,5 процента (0,31 процента общей земельной площади).

В подавляющем большинстве экономических районов СССР в связи с созданием водохранилищ изъято менее 1 процента сельскохозяйственных земель. Свыше 1 процента потеряли два района — Поволжский и Восточно-Сибирский. Более 1 процента пахотных угодий затоплено только в Восточно-Сибирском экономическом районе. Наибольший ущерб причинен сенокосным и выгонно-пастбищным угодьям, более процента этих угодий затоплено на Украине, в Центральном, Поволжском, Северо-Кавказском и Восточно-Сибирском экономических районах, причем наиболее высок этот показатель на Украине, в Молдавии (2,52 процента), Поволжье (2,16 процента).

Приведенные цифры не отражают потерь сельскохозяйственной продукции, так как водохранилищами затопляются, как правило, высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья. В первую очередь это пойменные сенокосы, урожаи трав на которых в 3—5 раз, а иногда и более, выше урожая суходольных сенокосов.

На территориях, прилегающих к рекам с зарегулированным стоком, ниже водохранилищ исчезают заливные луга, обсыхают нерестилища. На некоторых реках (Волге, Иртыше, Сырдарье и других) приходится осуществлять специальные попуски воды из вышележащих водохранилищ (Куйбышевского, Бухтарминского, Чардаринского), чтобы в какой-то мере восстановить режим естественного половодья. Так, в низовьях Волги для обводнения Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги в интересах рыбного и сельского хозяйства в конце весны — начале лета ежегодно из водохра-

нилищ сбрасывают от 70 до 130 кубокилометров воды.

В последние десятилетия выяснилось, что водохранилища влияют на тектонические процессы, способствуя в одних районах возникновению, а в других увеличению частоты землетрясений.

Очень важным последствием для окружающей среды является изменение качества воды в результате создания и эксплуатации водохранилищ, которые оказывают решающее влияние почти на все виды использования водных ресурсов. При создании водохранилищ на реках происходит изменение физических свойств воды, солевого состава, биогенных элементов, численности и распределения фито- и зоопланктона. При трансформации речного стока в водохранилищах происходит осаждение взвешенных наносов, прозрачность воды увеличивается. Содержание кислорода во всех крупных водохранилищах остается на уровне, благоприятном для развития водных организмов. Полностью кислород исчезает только в придонных слоях. При поступлении в водохранилища речных вод, содержащих повышенное количество соединений биогенных элементов, процессы самоочищения воды из-за снижения движения водных масс протекают медленнее, чем в реках, развиваются синезеленые водоросли, водохранилища начинают «цвести».

Оценивая отрицательные последствия создания водохранилищ, весьма важно разделить их на две группы: органически присущие водохранилищам (и поэтому неизбежные) и вызываемые нарушением правил эксплуатации, несвоевременным выполнением и низким качеством работ по подготовке

ложу, то есть полностью зависящие от деятельности человека (и потому вполне устранимые).

Следует отметить, что для сведения к минимуму отрицательных последствий большое значение должно иметь повышение качества экспертизы проектов, для чего необходимо привлекать независимых от проектных и планирующих организаций высококвалифицированных специалистов и самые широкие круги природоохранной общественности.

Влияние водохранилищ проявляется по-разному в различных природных зонах и экономических районах. Географические условия определяют хозяйственное значение и эффективность водохранилищ, их параметры, направление и интенсивность развития различных природных процессов, мероприятия по подготовке водохранилищ, состав компонентов водохозяйственного комплекса, режим эксплуатации водохранилищ и т. д. Их учет обязателен для эффективного решения водохозяйственных проблем в каждом регионе.

В качестве подобного примера можно привести решение вопроса о мерах защиты от паводков на реке Припяти. После проведения многочисленных исследований выяснилось, что в бассейне Припяти решить проблему наводнений при помощи водохранилищ не представляется возможным. В чем причина этого? В связи с исключительно неблагоприятными топографическими и геоморфологическими условиями создание противопаводковых водохранилищ вызывает слишком большие затопления, которые не оправдываются защитой земель ниже плотин. Один гектар такого водохранили-

ща, предусмотренного по проекту, обеспечивает в среднем снижение от затоплений в нижнем бьефе 0,7 гектара пойменных земель. В результате был принят вариант обвалования в комплексе с агро- и лесомелиоративными мероприятиями. Общая протяженность дамб должна составить 1433 километра, что защитит территорию площадью 380 тысяч гектаров.

Всего в нашей стране имеется более 200 крупных систем обвалования с протяженностью дамб более 12 тысяч километров, защищающих территорию общей площадью 9 миллионов гектаров. В широких масштабах проведение обвалование рек Терека, Куры и Риони на Кавказе, дамбами защищены многие дальневосточные города — Хабаровск, Благовещенск, Комсомольск, многие крупные промышленные объекты и ценные сельскохозяйственные угодья.

Еще один общий для всех видов наводнений способ защиты — подсыпка территории. Обычно стоимость работ по подсыпке в 2—3 раза дороже, чем стоимость противопаводковых дамб. Однако преимущество этого способа, особенно для защиты городских территорий, состоит в том, что работы можно вести по частям, рельеф выравнивается, что облегчает застройку, полностью отсутствуют эксплуатационные затраты. Подобным образом защищены районы Архангельска, где толщина намыва составляет 1—1,5 метра, Киева, Горького, Ярославля и других городов.

Большие работы ведутся в нашей стране по защите приморских территорий от нагонных наводнений. Самый крупный проект осуществляется в настоящее вре-

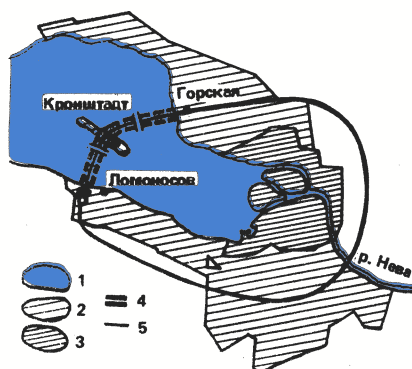


Рис. 2. Схема защиты Ленинграда от наводнений: 1 — Финский залив; 2 — пригороды Ленинграда; 3 — Ленинград; 4 — дамба; 5 — окружающая дорога (Нежиховский Р. А. Наводнения на реках и озерах. — Л.: Гидрометеоздат, 1988)

ма в Ленинграде. Цель его — оградить город со стороны Финского залива от ежегодно повторяющихся нагонов, приносящих, как знает уже читатель, огромные беды.

Каменно-земляная плотина длиной 25,4 километра должна перекрыть Финский залив в створе Ломоносов — Кронштадт — Горская (рис. 2). В ней будут 2 судопропускных сооружения, 70 водосбросов и отверстий для обеспечения нормального водообмена между ограждаемой акваторией площадью 400 квадратных километров и остальной частью залива общей длиной более 3 километров. Откатные стальные ворота, остающиеся большую часть времени открытыми, по получении предупреждения о приближающемся нагоне смогут полностью перекрыть водопропускные сооружения за 30 минут. Са-

ма дамба высотой 8 метров должна обеспечить сохранение уровня воды в Невской губе при нагонном подъеме до 1,6—1,8 метра.

В то же время сооружение дамбы создало ряд серьезных проблем, связанных в первую очередь с возможностью ухудшения экологической обстановки в отгораживаемой части залива. До настоящего времени не решен вопрос об очистке городского ливневого стока и канализации. В водоемы города часть промышленных и коммунальных сточных вод сбрасывается без необходимой очистки. Очевидно, что данные вопросы должны быть решены как можно скорее.

## Защита от паводков в США

Среди инженерных мероприятий главная роль принадлежит водохранилищам, создание которых имеет более чем 150-летнюю историю. Сейчас примерно треть в суммарном полном объеме водохранилищ США — около 300 кубических километров — составляют резервные противопаводковые емкости. В 40-х годах было создано 115 противопаводковых водохранилищ, в 50-х — 483, в 60-х, на которые приходится пик гидротехнического строительства, — 1383 водохранилища, или 54 процента общего числа водохранилищ, введенных в строй в это десятилетие. С 1970 по 1979 год темпы создания водохранилищ заметно снизились. В частности, за данный период было введено 526, или 46 процентов всех созданных в это время водохранилищ (рис. 3). Такая тенденция на-

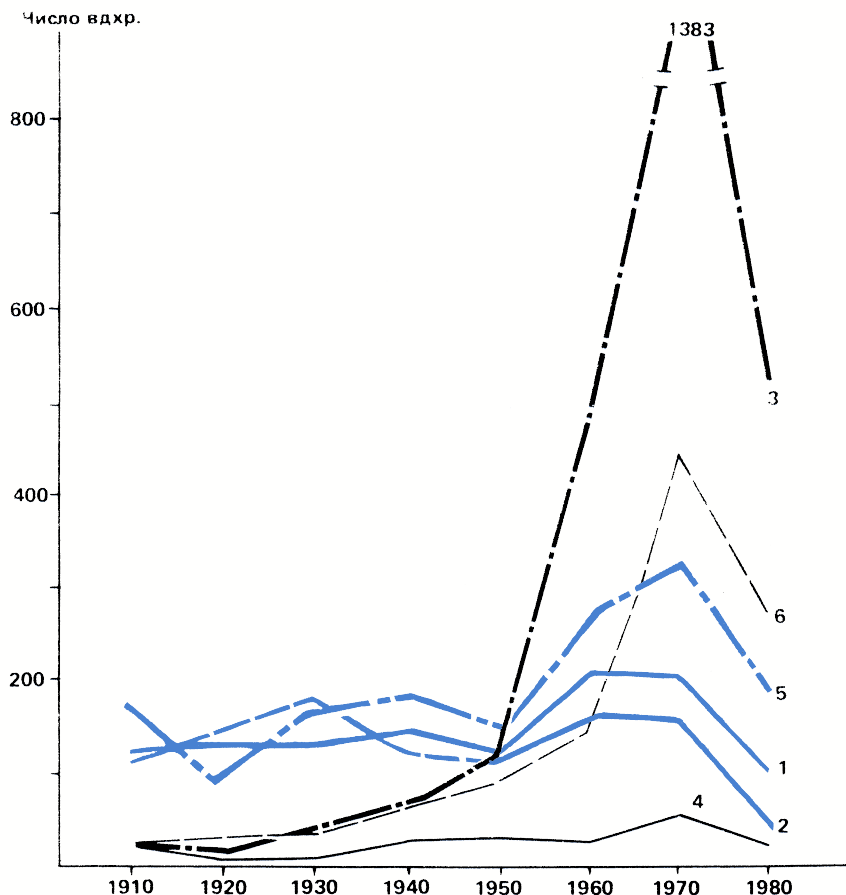


Рис. 3. США. Динамика создания водохранилищ различного целевого назначения по десятилетиям: 1 — ирригация; 2 — гидроэнергетика; 3 — борьба с наводнениями; 4 — водный транспорт; 5 — водоснабжение; 6 — рекреация (Авьяня А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А. Водохранилища. — М.: Мысль, 1987)

глядно отражает наметившийся переход в конце 60-х и в начале 70-х годов к преимущественному применению неинженерных, или, по американской терминологии, неструктурных мер борьбы с наводнениями, о которых речь пойдет несколько ниже. В целом в настоящее время для аккумуляции паводкового стока используется 2,5

тысячи водохранилищ, из которых более 1600 — одноцелевого противопаводкового назначения. Противопаводковыми водохранилищами, созданными до 1970 года, затоплено 2 миллиона гектаров земель. В то же время они позволили защитить от наводнений около 5,2 миллиона гектаров. На рис. 4 представлено распределение про-



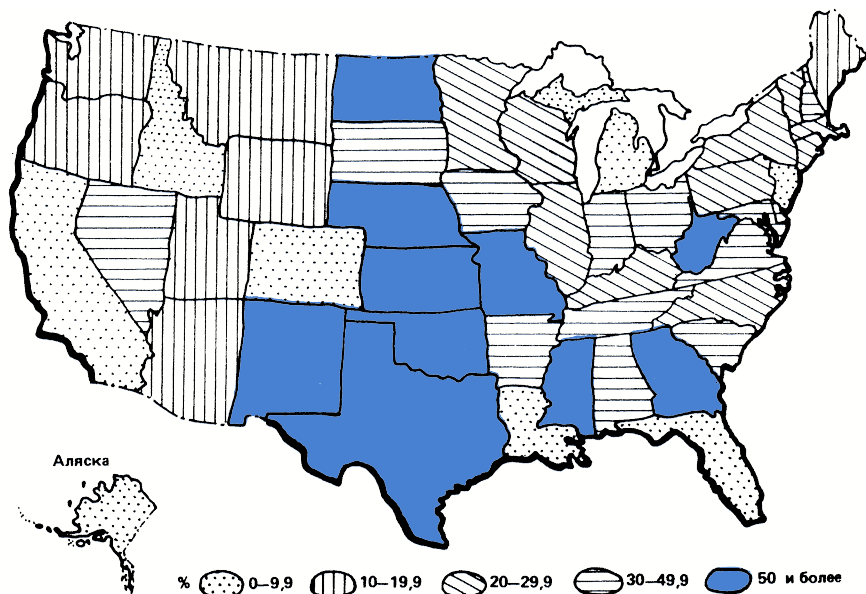


Рис. 4. США. Распределение используемых для борьбы с наводнениями водохранилищ по штатам, процент от общего числа водохранилищ в каждом штате (Beaumont P. Water resources management in the USA: a case study of large dams, Appl. Geogr., v. 3, 1983)

типоваводковых водохранилищ по штатам.

Одним из значительных примеров противопаводкового строительства является создание каскада крупнейших водохранилищ на правом притоке Миссисипи — Миссури. Работы по созданию водохранилищ, основным назначением которых должна была стать защита прилегающих территорий от наводнений, начались в 30-х годах нашего столетия. Небезынтересен факт, что во время проведения проектно-изыскательских работ была создана беспрецедентная в мировой практике гидротехнического строительства модель речной системы Миссисипи — Миссури, воспроизводящая

в масштабе 1:2000 почти все топографические и гидрографические особенности значительного участка бассейна Миссисипи. Площадь модели составила 80 гектаров. На ней воспроизводились все виды гидротехнических сооружений, затем изучалось их влияние на высоту и длительность наводнений, которые моделировались и воспроизводились при помощи сложных технических устройств, обеспечивших максимальное приближение к естественным условиям. Осуществление исследовательских работ было рассчитано на многие годы. В настоящее время в долине Миссури создано более 100 регулирующих паводки водохранилищ. По проекту под на-

званием «Пик-Слоан» предусматривалось создать систему противопаводковых водохранилищ общим объемом 123 кубических километра, что более чем вдвое превышает среднегодовой сток реки. Крупнейшие водохранилища Форт-Пек (объемом 23,9 кубокилометра), Гаррисон (28,4), Форт-Рэндолл (7,5), Оахе (29,1 кубокилометра) и другие значительно снизили пики паводков, кроме того, позволили оросить около 2 миллионов гектаров засушливых земель. Работы проводились в течение 20 лет (с конца 40-х по середину 60-х годов).

Созданная система противопаводковых сооружений на другом левом притоке Миссисипи — Огайо, состоящая из 32 водохранилищ и 62 дамб обвалования, в наименьшей степени способствует значительному сокращению ущерба в период прохождения катастрофических паводков. В частности, подсчитано, что при ее отсутствии дополнительный ущерб от наводнения 1964 года в долине Огайо составил бы 290 миллионов долларов.

Широкомасштабные работы по защите территорий от наводнений были развернуты в начале 30-х годов в долине Теннесси — левого притока Огайо. Для разработки и реализации проекта, предусматривающего создание системы из 33 водохранилищ, правительство США создало Управление долины реки Теннесси. В настоящее время 9 водохранилищ на самой реке и 24 на ее притоках имеют суммарную регулируемую емкость 16 кубических километров. В период прохождения паводков с декабря по апрель для аккумуляции максимального стока резервируется более 80 процентов суммарной по-

лезной емкости каскада, а в летнее время, хотя для этого периода паводки и не характерны, аккумулярующая емкость водохранилищ сохраняется в объеме 20—25 процентов от зимне-весенней нормы. Данные, получаемые ежедневно с 270 дождемерных станций и 72 дождемерных постов, расположенных в бассейне Теннесси, обобщаются и анализируются в центрах погоды в Детройте и в Вашингтоне. Получаемые прогнозы дают возможность планировать работу противопаводковых сооружений на период 48 часов, то есть на срок сравнительно достоверных прогнозов. По оценочным данным, капиталовложения в создание системы противопаводковой защиты окупилась более чем в 5 раз. В качестве примера эффективности системы Теннесси можно привести следующие подсчеты: если бы сток реки не был регулирован, то катастрофический паводок, сформировавшийся в долине в 1973 году, привел бы к поднятию уровня воды в реке в районе города Чаттануга на 6,8 метра, что могло привести к ущербу в 500 миллионов долларов. В действительности же уровень поднялся только на 2,1 метра, а ущерб составил 35 миллионов долларов.

В нижнем течении Миссисипи создана система инженерной защиты от наводнений, состоящая из дамб обвалования, отводных каналов и противопаводковых накопительных резервуаров. Для увеличения пропускной способности русла были проведены русловыправительные работы, в результате которых его длина ниже города Кейро уменьшилась на 150 километров. Часть паводкового стока отводится по каналам в накопительные водохранилища Арка-

бутла, Сардис, Энид и Новая Гренада, расположенные на левобережье притока Миссисипи реки Язу. По водоводу Атчафальа часть паводкового стока отводится непосредственно в Мексиканский залив, а по водоводу Баннет-Каре — в озеро Понтчартрейн, расположенное на север от Нового Орлеана. Система обеспечивает защиту от наводнений значительной части пойменных земель и городов Кейро, Мемфис, Висксберг, Батон-Руж, Новый Орлеан и др.

В стране много внимания уделяется защите от морских нагонных наводнений. На восточном побережье США при помощи дамб из валунов и бетонных блоков, искусственных дюн защищено 23 процента из 1800-километрового побережья. Однако строительство защитных сооружений вдоль океанских берегов связано с большими трудностями, так как при этом отчуждаются значительные территории пляжей, что вызывает резко отрицательную реакцию населения.

Большое значение в США придается защите от наводнений урбанизированных территорий, поскольку в городах сконцентрировано большинство населения страны, а риск формирования разрушительного паводка значительно возрастает за счет резкого уменьшения инфильтрации в результате застройки и покрытия большей части территории водонепроницаемыми материалами.

Противопаводковая защита организована наилучшим образом в Чикаго и Лос-Анджелесе.

В Чикаго в конце 70-х годов возможный ежегодный ущерб от наводнений оценивался в 10 миллионов долларов. Для защиты района Большого Чикаго было со-

здано 6 водозаборов с отдельными системами канализации или без них и 1 водозабор с комбинированной системой ливневой канализации. Но данная система не могла обеспечить надежную защиту от паводков повторяемостью менее 1 процента. Поэтому был принят план строительства накопительных водохранилищ в каменных карьерах и туннелей диаметром от 3,7 до 11 метров, прорубаемых в скальном грунте на глубине 60—90 метров. В период интенсивных осадков по ним должен отводиться ливневый сток. Осуществление проекта началось в 1977 году, затраты были определены в 1,8 миллиарда долларов. Риск прохождения паводков повторяемостью менее чем 1 раз в 100 лет в соответствии с проектом существенно снижается.

В Лос-Анджелесе для защиты от наводнений был создан комплекс регулирующих сооружений. Работы начались в 1914 году. Сооружения представляют собой 60 водохранилищ в верховьях горных рек, 12 дамб обвалования, 125 бассейнов для аккумуляции обломочного материала, влекомого в период ливней со склонов гор, 757 километров отводных каналов и 4025 километров вспомогательных бетонных водотоков, в большинстве случаев подземных. Около 30 насосных станций, расположенных в приморских районах, обеспечивают откачку воды во время штормов, ибо город подвержен не только паводкам, вызываемым интенсивными ливнями, но и морским нагонным наводнениям. Расходы на сооружение всей системы составили свыше 1 миллиарда долларов. Комплекс обеспечивает защиту 4,4 тысячи квадратных километров территории,

на его функционирование ежегодно тратится 14 миллионов долларов, обслуживающий персонал составляет 550 человек.

По расчетам Корпуса инженеров армии США, за всю историю создания водохранилищ и местных систем противопаводковой защиты (начиная со второй половины XIX века и по настоящее время) предотвращенный ущерб от наводнений составил 92 миллиарда долларов. Общие государственные затраты на инженерную защиту за этот же период составили 18 миллиардов долларов. Таким образом, на каждый вложенный в паводкорегулирующие и паводкозащитные объекты доллар было получено 5 долларов прибыли в виде предотвращенного ущерба.

## **Борьба с наводнениями в странах Европы**

Крупномасштабные работы по защите территорий от наводнений проводятся в странах Европы.

В Венгрии проводятся большие строительные работы по защите пойм Тисы и Дуная. Уже к концу XIX века на Тисе было построено 3420 километров вдольбереговых дамб. В настоящее время при помощи дамб от наводнений защищено более 3 миллионов гектаров земель. Значительную роль в этом сыграли созданные на этой реке водохранилища Тисалек и Кишкере, которые не только снизили высоту половодий и паводков, но и позволили оросить 500 тысяч гектаров засушливых земель. Для борьбы с зимними наводнениями все берега Дуная ниже Будапешта обвалованы, для искусственного разрушения льда и предупрежде-

дения заторов существует ледокольный флот из 15 судов.

Большое противопаводковое значение имеет водохранилище Джердап в нижнем течении Дуная на территории Югославии. В этой стране разработана программа по комплексному использованию водных ресурсов реки Моравы, в соответствии с которой планируется и частично осуществлено строительство 223 защитных дамб, проведение русловыправительных работ на протяжении 234 километров, создание 18 водохранилищ комплексного назначения общим объемом 2,3 миллиарда кубометров. Для планирования и управления данной системой создан Единый главный центр в Белграде и 6 региональных центров. В бассейне Моравы существует густая гидрометеорологическая сеть, включающая 140 водомерных постов с периодом наблюдения на них от 50 и более лет. Для прогноза паводков, вызываемых ливневыми осадками, используются 6 радарных установок с радиусом обзора 300 километров. Полное выполнение данной программы позволит защитить от наводнений 91 тысячу гектаров и оросить 280 тысяч гектаров земель. Еще одна комплексная система защиты действует на Саве. Она состоит из 152 километров реконструированных и вновь созданных береговых дамб, 9 мощных насосных станций для откачки воды, а также специальной службы предупреждения.

Большую роль в защите земель от наводнений играют водохранилища на Бистрице в Румынии, в особенности самое крупное в каскаде — Изворул-Мунтелуй; водохранилища Жребчево, Михайловград и другие в Болгарии; Блейлох, Хознварте, Раппбоде в Гер-

манской Демократической Республике. Существенно противопаводковое значение каскада водохранилищ на Влтаве в ЧССР. Соотношение минимальных и максимальных расходов воды в реке до создания водохранилищ Липно, Вигорлат, Липтовска Мара и других было 1:30, после создания каскада — 1:9. Это произошло, с одной стороны, за счет срезки пиков паводка, а с другой стороны, в связи с повышением меженных расходов.

Во Франции ежегодно на противопаводковую защиту тратится около 400 миллионов долларов. Наиболее распространенным методом борьбы является применение инженерных мер — сооружение водохранилищ. Большую роль в защите Парижа от наводнений сыграли водохранилища Сена и Марна, сооруженные на одноименных реках. Они позволили снизить максимальные уровни в период прохождения паводков на 1,5 метра. В бассейне Луары осуществляется комплекс противопаводковых мер, в которые входит сооружение двух небольших противопаводковых водохранилищ ниже слияния Луары с ее притоком Алье. Они должны обеспечить срезку пика паводков с расходом более 6 тысяч кубометров в секунду. В бассейне самой Алье Бассейновым агентством «Луара-Бретань» осуществляется комплекс инженерных и природоохранных мер, направленных на уменьшение ущерба от наводнений и защиту уникальных природных ландшафтов поймы Алье. Агентство приобретает у частных лиц затопляемые земли в целях организации на них природных заповедников. Право проведения каких-либо хозяйственных мероприятий в

пойме Алье принадлежит исключительно государству. Большие работы предусмотрены в пойме другого притока Луары — Отюна. В период прохождения больших паводков дамбы, защищающие берега Луары ниже ее слияния с Отюном в районе города Анже, оказываются неспособными защитить прилегающие территории от затопления. Недостаточно и шлюзов, построенных на Отюне. При прохождении наиболее значительных паводков в долине этой реки затопляется до 20 тысяч гектаров земель. В конце 50-х годов были проведены работы по углублению дна, в результате которых ситуация несколько улучшилась. В настоящее время разработан проект, предусматривающий строительство отводного канала, насосных станций и шлюза, которые обеспечат автоматическую подачу воды в период паводка из одной реки в другую при повышении уровня в одной из них до критических отметок. Проведение комплекса мероприятий на Роне в южной Франции, включающих зарегулирование стока этой реки, модернизацию и строительство дамб обвалования и деривационных каналов наряду с регулированием землепользования в речном бассейне, уже сейчас позволило защитить от наводнений полностью более 10 тысяч гектаров и частично 28 тысяч гектаров земель, что составляет 95 процентов от общей площади затопляемых наводнениями земель. Всего же на Роне намечено построить 21 гидроузел с регулирующими водохранилищами. Хотя сооружение каскада на Роне привело к изъятию 12 тысяч гектаров земель, кроме защиты от наводнений, водохранилища способствовали вовлечению в сель-

скохозыяственный оборот 40 тысяч гектаров земель, не считая эффекта от орошения.

Длительна история борьбы с наводнениями на Рейне в пределах современной территории ФРГ. В соответствии с проектом, получившим название «Тулла», в 1812 году начались работы по спрямлению и углублению русла реки. К 1872 году Рейн был спрямлен в 18 местах, длина его русла сократилась на 50 километров. Вдоль берегов были построены многочисленные дамбы. Однако последствия этих мероприятий оказались весьма плачевными. Рейн начал интенсивно углублять свое русло, в некоторых местах до 10 метров. И хотя паводки стали проходить при гораздо меньших уровнях, активное углубление русла реки привело к значительному понижению уровня грунтовых вод на прилегающих территориях, что пагубно сказалось на ландшафтах и ухудшило условия для сельскохозяйственного использования земель. Созданные в XX веке каскады водохранилищ с низконапорными плотинами в ФРГ и в верховьях реки в Швейцарии наряду с проведением работ по расширению русла Рейна улучшили ситуацию.

Большие работы проводятся на севере Западной Германии по предотвращению нагонов со стороны Северного моря, приводящих к значительным затоплениям в эстуариях и нижних течениях Эльбы, Эмса, Эйзера и других рек. Улучшают профили дамб, наращивают их высоту, расширяют пляжи, строят буны и набережные. На ответвлениях эстуариев Эмсы, Везера и Эльбы сооружены плотины, которые при нормальных условиях открыты для пропуска прилив-

но-отливных течений, так как снабжены воротами в целях экологической безопасности. Только в эстуарии Эльбы построено 13 таких плотин.

В Австрии регулирование Дуная в окрестностях Вены началось более 100 лет тому назад. Зигзагообразная меандра была выправлена, а новое русло обваловано. Однако в результате уменьшения паводкорегулирующих свойств поймы и уменьшения пропускной способности русла в 1954 году уровень воды поднялся до верхней границы дамб. В настоящее время сооружен и функционирует отводной канал «Новый Дунай» для отвода паводковых вод. По длине канала спроектированы 3 низконапорные плотины с 2 водохранилищами.

В Голландии борьба с нагонными наводнениями, образно говоря, — вопрос «жизни и смерти». Вдоль морского побережья сооружено почти 1800 километров дамб, защищающих отвоєванные у моря земли, на которых в основном в условиях польдерного земледелия выращивают самые большие в мире урожаи пшеницы, овощных и кормовых культур; здесь же самые продуктивные пастбища Европы. Но уже упоминавшийся шторм, разыгравшийся на южном побережье Северного моря в 1953 году, показал, что только береговых валов для защиты от нагонов явно недостаточно. Поэтому Парламентом Нидерландов был одобрен проект «Дельта», предусматривающий систему мер, включавших укрепление уже созданных береговых дамб, строительство нового судоходного канала между Антверпеном и Рейном, улучшение сельскохозяйственного использования земель.



Рис. 5. Схема защиты побережья Нидерландов от нагонных наводнений (проект «Дельта»): 1 — дополнительное противопаводковое заграждение; 2 — роттердамская дамба; 3 — дамба Харигвлет; 4 — дамбы и шлюзы в Волкоракке; 5 — дамба Браувершавенше Гат; 6 — дополнительная дамба в Гравелингене; 7 — дамба Восточной Шельды; 8 — дамба Веерсше Гат; 9 — дополнительная дамба в Зандкрееке (Ward R. Floods. A geographical perspective, London — Basingstoke, McMillan Press, 1978, XII)

Но главный упор в проекте делался на сооружение дамб, отсекающих от моря дельты Рейна, Мааса и Шельды (рис. 5) путем перекрытия четырех глубоко врезаемых в сушу морских заливов. Широкомасштабные работы проводились при перекрытии дельты Восточной Шельды шириной 9 километров и глубиной до 40 метров. По первоначальному плану намечалось строительство глухой дамбы. Однако это встретило сильное сопротивление со стороны общественности. Дело в том, что при отсутствии водообмена между заливом и морем вследствие строительства глухой дамбы нарушалось экологическое равновесие в заливе, а это имело бы крайне отрицательные по-

следствия как для природы, так и для хозяйства. В результате после дополнительных исследований данная часть проекта была пересмотрена. В новом проекте предусмотрена возможность обеспечения свободного водообмена, хотя это и привело к удорожанию работ почти в 3 раза. В 1976 году начались, пожалуй, самые грандиозные в истории борьбы с наводнениями работы. На мелководьях эстуария Восточной Шельды были сооружены 3 искусственных острова, 66 устоев, представляющих собой монументальные бетонные сооружения размерами 25×50 метров и высотой (в зависимости от глубины) до 45 метров. Их установили на глубине до 35 метров и расположили на расстоянии 45 метров друг от друга. Масса одного устоя составляет не менее 18 тысяч тонн. Между устоями установлены 63 подвижных ворот шириной 42 метра, высотой от 5 до 12 метров и массой до 500 тонн каждые. Ворота будут закрываться во время сильных штормовых нагонов, в остальное же время они открыты, что обеспечивает нормальный водообмен эстуария с морем. Защитная система включает также судоходный шлюз и две небольшие плотины — Остер и Филлипс — перегородивших восточную часть эстуария для защиты судоходного канала Шельда — Рейн от приливных колебаний уровня воды. В плотинах также предусмотрены судоходные шлюзы. Строительство уникального гидротехнического сооружения, на осуществление которого ушло 30 лет, завершилось в 1986 году. В результате площадь солончаков на побережье Голландии уменьшилась на 60 про-

центов, площадь приливо-отливной отмели — на 45 процентов, и обеспечена безопасность сельскохозяйственных территорий от штормовых нагонов на площади 200 тысяч гектаров. Хотя все работы обошлись в астрономическую сумму — 3 миллиарда долларов, голландцы считают, что затраты, несомненно, окупятся.

Шторм 1953 года, повлекший неисчислимые жертвы в Нидерландах, нанес огромный ущерб Лондону. Наводнение привело к затоплению большей части города, расположенного по берегам Темзы, и к гибели 300 человек. Это событие заставило активизировать защитные мероприятия, включавшие углубление и расширение русел притоков Темзы, дабы увеличить их пропускную способность в случае наводнения, а в 1974 году началось осуществление проекта по перекрытию Темзы в районе города Вулвича преградой шириной 658 метров. Не вдаваясь в конструктивные особенности системы, укажем, что преграда состоит из 9 бетонных пирсов и 10 стальных ворот высотой до 20 метров, которые во время нагонов и приливов закрывают проходы в течение 15 минут. Планом предусмотрено обвалование участка эстуария Темзы ниже преграды длиной 112 километров с высотой дамб около 9 метров. Общая стоимость работ по защите Лондона составила сумму порядка 400 миллионов фунтов стерлингов, но зато система обеспечивает защиту от наводнения, вызываемого катастрофическим нагоном повторяемостью 1 раз в 1000 лет.

## Борьба с наводнениями в странах Азии

С давних времен ведется борьба с наводнениями в Индии. Построены многие тысячи километров дамб обвалования, защищено от разливов рек более 50 городов, более 5 тысяч деревень перенесено из зон затопления в безопасные места. Часто рядом с населенными пунктами, расположенными в подвергающихся наводнениям поймах, оборудуются «острова спасения» — искусственные холмы, на которые эвакуируется население в случае паводка. Это пример защитного мероприятия, проводимого в Индии с незапамятных времен, но успешно применяемого и поныне. В последние годы в различных штатах страны созданы специальные комиссии по контролю за паводками. Под их эгидой в поймах рек проводятся лесонасаждения, принимаются меры по борьбе с эрозией, проводится террасирование пригодных для сельского хозяйства склонов и другие мероприятия. Начиная с 1959 года на главных реках страны создано 12 прогнозных центров, обеспечивающих разработку ежегодно около 4 тысяч прогнозов наводнений с заблаговременностью от 12 до 48 часов. Однако служба прогнозов и предупреждения в стране развита пока еще очень слабо.

Большое значение для предотвращения наводнений принадлежит водохранилищам. Они обеспечивают защиту от затоплений около 10 миллионов гектаров земель — это 40 процентов всех земель, подверженных наводнениям. Для борьбы с наводнениями используется специально



13 крупных водохранилищ: Наргджунасагар на Кришне объемом 11,5 кубического километра, Хиракуд на Маханади объемом 8 кубических километров и др. Для уменьшения ущербов от наводнений в бассейне крупнейшей реки Индии Ганга построено много водохранилищ в верховьях его северных притоков. По существующим предположениям, после осуществления всех намеченных мероприятий в долине Ганга от наводнений будет защищено около 860 тысяч гектаров земель. Значительно уменьшилась интенсивность паводков в долине Дамодара, впадающего в Бенгальский залив в районе Калькутты, после создания Единой корпорации долины Дамодара, регулирующей пропуск стока при помощи каскада из 7 водохранилищ и 2 отводных каналов: повторяемость высоких расходов сократилась с 1,8 до 11 лет, а величина максимальных расходов снизилась почти в 2 раза. На Брахмапутре к настоящему времени создано 3200 километров защитных дамб, 535 километров дренажных каналов, при помощи различных сооружений защищено 26 городов. В Индии проводится огромный комплекс противопаводковых мероприятий, но для такой страны, подверженной столь катастрофическим и ежегодно повторяющимся наводнениям, охватывающим огромные густонаселенные территории, их явно недостаточно.

Не менее древнюю историю борьбы с наводнениями имеет Китай. На протяжении веков наиболее традиционным способом защиты было строительство дамб обвалования. В настоящее время их общая длина составляет

170 тысяч километров. Только вдоль берегов Хуанхэ построено около 5 тысяч километров дамб. Однако такой способ защиты не слишком надежен, особенно на реках, протекающих в пределах Лёссового плато в центральных районах Китая. Дело в том, что лёссы, из которых сложено плато, — очень легко разрушаемый материал, поэтому реки, в частности Хуанхэ, несут огромное количество наносов. При обваловании процесс накопления осадков в русле убыстряется, глубина реки уменьшается и соответственно падает пропускная способность русел. Вновь и вновь приходилось наращивать высоту дамб, однако процесс поднятия дна реки продолжался. В результате дно Хуанхэ в нижнем течении оказалось выше окружающей местности на 6—7 метров. При прорывах дамб, происходивших в среднем раз в 2,5 года, и резком росте населения в долинах крупных рек ущербы значительно увеличивались. Положение стало улучшаться после того, как началось интенсивное гидротехническое строительство. Сейчас при помощи водохранилищ от затоплений защищено 25 миллионов гектаров земель. Для борьбы с паводками используются почти все крупные водохранилища страны. Специальных противопаводковых водохранилищ — более 10 тысяч.

Несколько слов о роли одного из крупнейших водохранилищ мира — Насер на Ниле в Египте. До недавнего времени вокруг этого объекта велись многочисленные дискуссии об его целесообразности, поскольку отрицательные последствия его создания на окружающую среду были весьма значительны. Из-за осаджения в водо-

хранилище большого количества ила территории в нижнем бьефе лишились ценнейшего удобрения. По этой же причине идет активное наступление моря на сушу в дельте Нила, резко падают уловы рыбы в прибрежных районах Средиземноморья. Усилилось цветение воды, создались условия для развития водных организмов — переносчиков паразитарных болезней. Однако водохранилище Насер с начала 80-х годов и до 1988 года спасло Египет от длительной и жесточайшей засухи, поразившей практически все страны Сахеля, благодаря огромным запасам воды, а в 1988 году, когда уровень в водоеме понизился до критического, водохранилище смогло принять воды катастрофического паводка, нанесшего огромный ущерб, в частности, Судану, расположенному южнее Египта и по территории которого протекает незарегулированный Нил. Уровень в водохранилище поднялся за 2 месяца на 15 метров — невозможно представить, какие беды принесло бы такое наводнение жителям долины! Плотина, по мнению самих египтян, в полном смысле слова обуздала стихию и спасла страну от катастрофы.

## Неинженерные мероприятия

С начала 60-х годов люди все чаще стали обращаться к неинженерным методам защиты от наводнений, часть из которых была, конечно, известна и применялась ранее, но широкое признание они получили лишь в конце XX века.

Суть неинженерных мероприятий заключается в приспособле-

нии к природным условиям с целью снижения возможного ущерба, а также в уменьшении максимального стока и ликвидации антропогенных причин, ведущих к усилению наводнений.

Первостепенная роль в неинженерных методах защиты отводится регулированию землепользования на поймах и водосборах. Политика регулирования основывается на двух главных принципах: 1) поскольку полностью устранить угрозу наводнений невозможно по ряду объективных и субъективных причин, необходимо такое использование подверженных наводнениям территорий, при котором ущерб от наводнения был бы минимальным; 2) политика регулирования хозяйственного развития пойм не отрицает необходимости проведения инженерной защиты, но основным критерием ее применения ставится максимальная эффективность при минимальном нарушении природной среды. Одновременно выдвигается требование проводить инженерные и хозяйственно-административные мероприятия не на отдельных участках пойм, а на всем водосборе.

Во-первых, под понятием управления хозяйственным использованием поймы подразумевается ограничение или полное запрещение таких видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, а также расширение мероприятий, направленных на создание условий для уменьшения максимального стока. На территориях, подверженных периодическим затоплениям, ограничивается или полностью запрещается лесосведение и производится лесовосстановление. При

развитии земледелия устанавливаются определенные агротехнические приемы обработки земли, в частности, с обязательным применением зяби, сток с которой, в зависимости от географических условий, меньше, чем со стерни или с залежи, от 2 до 30 раз. В районах с сильным развитием эрозии применяется контурная вспашка или же вообще отказываются от пахотной обработки почвы, переходя на безотвальную. Все это осуществляется на основе применения агролесотехнических мероприятий.

Во-вторых, ограничиваются такие виды хозяйственной деятельности, которым в период наводнений наносится наибольший ущерб (например, размещение капиталоемких производств или особо ценных объектов). На базе прогнозирования наводнений и районирования поймы, критериями которого является степень затопления паводками различной обеспеченности, производится выбор таких видов хозяйственного использования земель, которым при затоплении будет нанесен наименьший ущерб. В принципе, если строительство защитных инженерных сооружений связано с неприемлемыми затратами, а риск прохождения катастрофического паводка высок, возможен вывод территории из хозяйственного использования.

Наиболее полно политика регулирования осуществляется в США. На основе широкомаштабных исследовательских работ на поймах выделяют зоны, в пределах которых устанавливаются различные ограничения на землепользование. Зоной называется участок поймы, затопляемый паводками 0,2—1-процентной повторяе-

мости. В ее пределах устанавливаются подзоны, затопляемые паводками более высокой повторяемости, в которых определяется приемлемый характер землепользования, необходимые мероприятия инженерной и неинженерной защиты, порядок продажи земли и т. д. Например, запрещается строительство жилых домов в районах, подверженных паводкам 10-процентной повторяемости.

В качестве примера регулирования землепользования можно привести решение городских властей города Рэпид в штате Южная Дакота, в соответствии с которым после наводнения 1982 года вся пострадавшая зона была отдана под парки, из нее были вынесены все жилые и коммерческие постройки.

Выдача прав на приобретение земли и контроль за ее использованием возлагается на власти штатов и местные органы управления. На основании зонирования составляются карты размеров страхования от наводнений. В настоящее время на управление хозяйственным использованием пойм выделяется около 10 процентов всех средств, направляемых государством на борьбу с наводнением. Данная деятельность в США имеет серьезное юридическое-правовое обеспечение. Основными регулирующими борьбу с наводнениями законодательными актами являются Закон о защите водосборов от наводнений 1954 года, Единая национальная программа хозяйственного освоения территорий, подверженных воздействию вод, начавшая действовать в 1968 году, и Национальная программа по страхованию от наводнений, принятая в том же году, а также

Закон о защите от последствий наводнений.

В качестве неинженерных мер рассматривается создание систем предупреждения и сигнализации, прогнозирование наводнений на основе совершенствования методов и улучшения сбора гидроклиматической информации, страхование имущества. Большое внимание уделяется повышению уровня знаний населения о наводнениях и об угрозе, которую они представляют, для чего используются средства массовой информации, издание специальных брошюр, информационных листовок и т. д. Ниже представлена листовка, распространяемая среди жителей, населяющих подверженные внезапным паводкам районы.

### **Внезапное наводнение (из правил безопасности при наводнениях)**

Волны, образующиеся при внезапных наводнениях идвигающиеся с огромными скоростями, могут перемещать валуны, вырывать деревья, разрушать здания и мосты, прорывать новые русла. Смертоносная водяная стена может достигать высоты от 3 до 6,5 метра. Вы не всегда сможете вовремя получить предупреждение о надвигающемся смертельно опасном внезапном наводнении.

По получении предупреждения о внезапном наводнении или когда вы осознали его неизбежность, действуйте быстро, на спасение у вас могут остаться считанные секунды.

Покидайте районы, которые могут быть затоплены. Не направляйтесь в уже подвергшиеся наводнению районы. Не пытайтесь переходить вброд поток воды, если она выше колен. Если вы на машине, перед переездом водного потока постарайтесь высунуть его глубину. Под водой дорога может быть повреждена. Если машина застряла, немедленно выходите из нее,

ищите наиболее высокое место для укрытия: быстро поднимающаяся вода может залить машину вместе с ее пассажирами или вообще смыть ее. Будьте особенно осторожны ночью, когда очень трудно обнаружить опасность, угрожающую вашей жизни при наводнении.

Национальная служба погоды

Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы.

Не меньшая роль отводится подготовке и проведению экстренных мероприятий во время наводнения по эвакуации людей, ликвидации аварий и организации восстановительных работ.

Соединенные Штаты располагают наиболее совершенной системой прогнозирования и оповещения о наводнениях (рис. 6). Центральная система предупреждения о наводнениях подчиняется Национальной службе погоды. В ее состав входят 12 прогнозных центров, расположенных в основных речных бассейнах. Центры обрабатывают данные, собираемые 2,5 тысячами станций слежения за стоком и атмосферой, и обеспечивают своевременную передачу информации в национальные и местные органы управления, отвечающие за организацию противопаводковой защиты. Всего в стране сеть наблюдения за стоком насчитывает более 6 тысяч станций со средним периодом наблюдений около 40 лет. Помимо Центральной системы, существуют многочисленные местные системы наблюдения, прогнозирования и предупреждения паводков.

Наряду с Национальной службой погоды, входящей в состав Национального управления по исследованию океанов и атмосферы, основными государственными организациями, осуществляющими

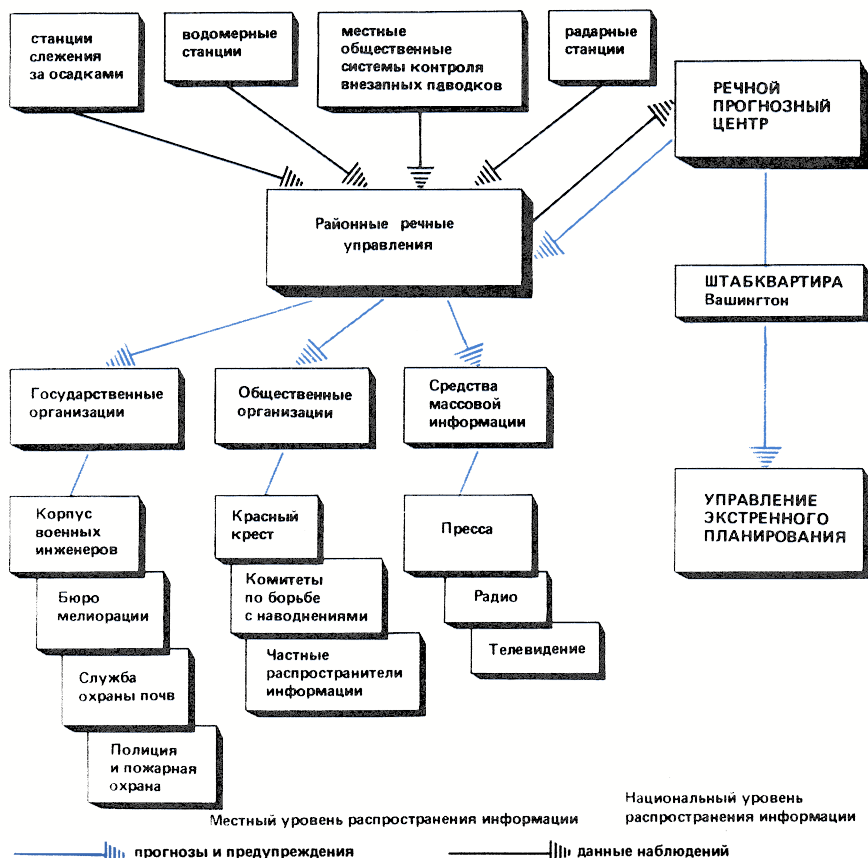


Рис. 6. Прогноз наводнений и система оповещения в США (общая схема) Ward R. Floods. A geographical perspective, London — Basingstoke, McMillan Press, 1978, xii)

контроль и борьбу с паводками, являются Корпус военных инженеров армии США, Министерство сельского хозяйства, (Служба лесов и Служба охраны почв), Министерство жилищного строительства и городского развития, Геологическая служба и ряд других государственных организаций. Координацию усилий по борьбе с паводками осуществляет Управление экстренного

планирования, до создания которого эта функция возлагалась на Совет по водным ресурсам. В программах по организации защиты от наводнений принимает участие более 3 тысяч местных организаций. Доля государственных капитальных вложений в противопаводковые мероприятия составляет в городах 80 процентов от всех средств, затрачиваемых

на борьбу с наводнениями, в сельских районах — 90 процентов. Остальные расходы ложатся на местные власти.

## И в заключение

Итак, уважаемые читатели, мы подошли к завершению описания наводнений и мер борьбы с ними. В заключение считаем необходимым сделать некоторые общие выводы.

В последнее время, с развитием хозяйственной деятельности в долинах рек и на морских побережьях, все большую роль в усилении и возникновении наводнений приобретают антропогенные факторы. В этом кроется одна из причин роста ущербов, наносимых паводками и половодьями хозяйству многих стран. Другая причина, не менее, а скорее всего более весомая, заключается в том, что, несмотря на увеличение капиталовложений в противопаводковую защиту, ущербы от наводнений растут в результате размещения все в больших масштабах на территориях, затопляе-

мых водами паводков и половодий, хозяйственных объектов. Поэтому наводнения одной и той же силы разрушают с каждым десятилетием все большее число жилых и производственных построек, дорог, линий электропередачи, трубопроводов. В связи с этим во многих государствах все больше внедряется практика регулирования хозяйственной деятельности на паводкоопасных территориях. Наряду с использованием инженерных мер защиты, сыгравших и продолжающих играть огромную роль в борьбе с наводнениями, при помощи политики регулирования возможно при наименьших материальных затратах и минимальном ущербе окружающей среде сократить потери и человеческие жертвы, связанные с периодическим затоплением территорий. По крайней мере сейчас есть надежда, что здравый смысл возобладает над сиюминутными выгодами, и борьба человека со стихией, основанная не на покорении природных сил, а на достижении между человеком и природой некоего «компромисса», в конце концов увенчается успехом.

## Что можно прочитать о наводнениях

Авакян А. Б., Салтанкин В. П., Шарапов В. А. Водохранилища. — М.: Мысль, 1987.

Авакян А. Б., Шарапов В. А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. — М.: Энергия, 1977.

Барышников Н. Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. — Л.: Гидрометеиздат, 1984.

Васильченко Г. В., Гриневич Л. А. Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельскохозяйственных угодий в пойме р. Припять. — В кн.: Проблемы Полесья. — Минск: Наука и техника, 1984. — Вып. 9.

Виноградов Ю. Б. Гляциальные прорывные паводки и селевые потоки. — Л.: Гидрометеиздат, 1977.

Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. — М.: Наука, 1986.

Воробьев Б. В., Косолапов Л. А. Водотоки и водоемы: взаимосвязь экологии и экономики. — М.: Гидрометеиздат, 1987.

Гангардт Г. Г., Попова О. П. Методы борьбы с наводнениями на территории СССР // Труды Гидропроекта. — Вып. 53. Проблемы развития водного хозяйства и защиты окружающей среды. — М., 1976.

Гинко С. С. Катастрофы на берегах рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1977.

Кукал З. Природные катастрофы. — М.: Знание, 1985.

Любомирова К. С. Наводнения на территории СССР // Водные ресурсы. — 1975. — № 2.

Наводнения и борьба с ними: Сборник — М.: Знание, 1982.

Нежиховский Р. А. Наводнения на реках и озерах. — Л.: Гидрометеиздат, 1988.

Окружающая среда: споры о будущем. — М.: Мысль, 1983.

Пясковский Р. В., Померанец К. С. Наводнения. — Л.: Гидрометеиздат, 1982.

Русак Л. Г., Пузанова Л. В. Организация противопаводковой защиты в США (по материалам конференции ООН по водным ресурсам) // Комплексное использование водных ресурсов. — Вып. 6. — М., 1978.

Шебалин Н. В. Закономерности в природных катастрофах. — М.: Знание, 1985.

В. Лобунец

## Земли целебные дары

### Лечебные грязи

Слово «грязь» в родном языке не может похвастаться разнообразием оттенков. Поэтому сочетание «лечебная грязь» на первый взгляд может показаться парадоксальным. Однако о грязелечении на территории нашей страны упоминает еще Плиний Старший в I веке, говоря о «земле, излечивающей раны» из озера Саки в Крыму. Лечение крымской грязью было популярно и среди татар во времена Золотой Орды. Нельзя сказать, что в России грязи не хватало, но использование ее в лечебных целях началось только после присоединения Крыма в конце XVIII века. О характере и методах грязелечения в то время можно судить из записок путешественника П. Сумарокова, посетившего Саки в 1799 году: «В деревне Сак татарин, исправляющий должность аптекаря при той чудесной врачебнице, встретил нас у своего дома, открыл свою хату, устроил из подушек диван, сам пошел делать приготовления, а мы в ожидании того совлекли с себя одежды. Часа через полтора явился наш эскулап. Подвезли арбу, мы накинули на себя плащи, влезли в тот подвижный гулап, поклали туда белье и поехали к озеру, в версте от селения отстоящему. Прибыв на берег, мы, босоногие, шагали по вязкой тине сажень 50 и достигли выкопанной могилы с устроенным с северной стороны для защиты шалашом. Я вижу, что читатель хочет позабавиться на наш счет, пусть он вообразит каждого из нас, лежащего всею длиною тела в особой могиле под бугром накинутаой грязи, которая, оставляя только одну голову на свободе, лишала нас всякого движения. Пусть вообразит он увязшего по колено моего слугу с распущенным надо мною к предохранению от солнечных лучей зонтиком. Пусть прибавит он к сей картине татарина, который, накладывая свежую грязь, поливал водою, как будто по пашне, накрывающее нас вещество... Наконец, через полтора часа, последовало наше восстание, и мы воскресли».

Такой непривычный способ лечения не сразу завоевал себе поклонников в России. И хотя официальный дата основания курорта Саки — 1828 год, когда здесь была построена первая в стране грязелечебница, о широком применении грязей говорить было рано — методы лечения не менялись, а выносить их

могли люди крепкие не только морально, но и физически. Популярность пелоидотерапия (грязелечение) завоевывала лишь по мере открытия месторождений лечебных грязей, выяснения степени эффективности и медицинских показаний для лечения ими, усовершенствования методов и понимания механизмов их целительного действия на организм.

Какими же лечебными качествами наделила грязи природа?

Лечебные грязи обладают высокой способностью запасать и удерживать тепло, иначе говоря, относительно большой теплоемкостью при низкой теплопроводности. Благодаря этому тепло из грязи медленно передается телу больного, а грязевой слой выполняет роль своеобразного термостата. Даже при высокой температуре грязи лечебная процедура переносится относительно легко — между массой грязи и кожей образуется тончайший воздушно-газовый слой.

По своему химическому действию грязи резко отличаются друг от друга. Во многих из них содержатся такие летучие и газообразные соединения, как сероводород, аммиак, которые проникают в организм больного через кожу. В некоторых лечебных грязях, помимо большого количества солей, присутствуют свободные кислоты, активные катализаторы (например, двухвалентное железо), вяжущие и гумусовые вещества, биостимуляторы. Кроме того, они содержат биологически активные соединения типа гормонов и антибиотиков. Поэтому грязелечение вызывает раздражение рецепторов кожи, слизистых оболочек и кожных сосудов, а некоторые компоненты грязей, проникая через кожу, попадают в кровь и могут оказывать влияние на функции различных органов. В целом же лечебные процедуры влияют на организм через нервную и эндокринную системы. Важное свойство лечебных грязей — их адсорбционная способность, благодаря которой поглощаются микробы с поверхности кожи. Микрофлора грязей не токсична, и даже при наложении на открытые раны не вызывает осложнений. Опасны лишь микроорганизмы, попавшие в лечебную грязь извне.

Существует множество способов применения лечебных грязей: это аппликации, компрессы, припарки, растирания, газогрязевые ванны и ванны из грязи, разведенной насыщенной водой соленых озер — рапой. При некоторых заболеваниях рекомендуется полостное грязелечение. Появилось комбинированное электрогрязелечение, используются и грязевые ванны в сочетании с ультразвуковым воздействием на организм; из лечебных грязей изготавливают лекарственные препараты гумизоль, пелоидин и др. Грязелечение — сильное средство воздействия на организм. Оно применяется для лечения хронических заболеваний и последствий травм опорно-двигательного аппарата, костей, мышц и суставов, периферической и центральной нервной системы, хронических воспалительных заболеваний половых органов, при некоторых болезнях органов пищеварения.

---

Научно-популярное издание

---

**Артур Борисович Авакян,  
Алексей Александрович Полюшкин**

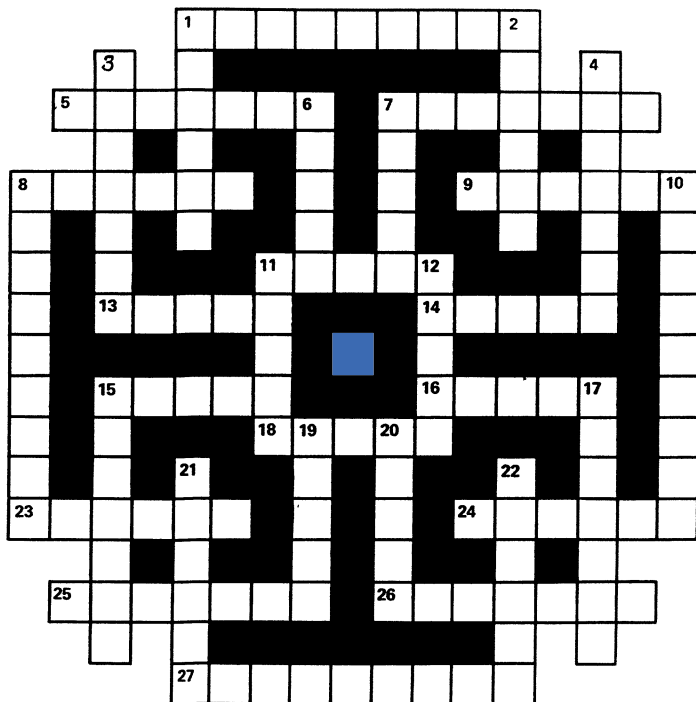
**НАВОДНЕНИЯ**

Главный отраслевой редактор  
А. Нелюбов  
Редактор Л. Иваненко  
Художник А. Григорьев  
Худож. редактор М. Гусева  
Техн. редактор Н. Клецкая  
Корректор Е. Альшевская

ИБ № 10193

Сдано в набор 21.03.89. Подписано к печати 22.05.89. Т-01016. Формат бумаги 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага для гл. печати. Гарнитура журнально-рублиная. Печать глубокая. Усл. печ. л. 2,80. Усл. кр.-отт. 6,06. Уч.-изд. л. 3,50. Тираж 17465 экз. Заказ 169. Цена 20 коп. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 896607. Ордена Трудового Красного Знамени Калининский полиграфический комбинат Государственного комитета СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 170024, г. Калинин, пр. Ленина, 5.





### Кроссворд

**По горизонтали.** 1. Ежегодно повторяющееся относительно длительное поднятие уровня реки. 5. Кратковременное и неперiodичное поднятие уровня реки. 7. Средний многолетний уровень воды в водоемах. 8. Специальность ученого. 9. Тригонометрическая функция. 11. Ответвление от горной цепи. 13. Старинное название некоторых драгоценных камней. 14. Млекопитающее семейства куньих. 15. Крупный вулканический остров в Тихом океане. 16. Полоса между сушей и водоемом. 18. Город и порт в Болгарии. 23. Линейные размеры печатной формы. 24. В старину: русское женское парадное платье. 25. Химический элемент. 26. Спутник Нептуна. 27. Типографский шрифт.

**По вертикали.** 1. Короткий водоток, соединяющий водоемы. 2. Река в Сибири. 3. Внесистемная единица количества теплоты. 4. Птица семейства ласточек. 6. Мера веса драгоценных камней. 7. Водоем. 8. График изменения расхода воды. 10. Форма коммунистического труда. 11. Периодическое колебание уровня моря. 12. Большая масса чего-либо. 15. Участник корриды. 17. Горная система в Азии. 20. Река, впадающая в Куршский залив. 21. Аллигатор Южной Америки. 22. Ежегодно повторяющееся стояние низких уровней воды в реках.

### Ответы на кроссворд, опубликованный в № 6

**По горизонтали.** 7. Шолохов. 8. Тбилиси. 11. Карисимби. 12. Стромболи. 13. «Идиот». 14. Лепта. 16. Килим. 19. Джомолунгма. 20. Перестройка. 24. Оазис. 25. Опока. 28. Двина. 31. Ветеринар. 32. Катамаран. 33. Экстерн. 34. Лигроин.

**По вертикали.** 1. Кроссворд. 2. Колумбина. 3. Коррида. 4. Форма. 5. Юбари. 6. История. 9. Тире. 10. Осот. 15. Полотно. 17. Кобра. 18. Огайо. 20. Приоритет. 21. Аквармарин. 22. Бартика. 23. Анероид. 26. Пирс. 27. Кокс. 29. Инари. 30. Отлив.

**ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!**

Брошюры этой серии в розничную продажу не поступают, поэтому своевременно оформляйте подписку. Подписка на брошюры издательства „Знание“ ежеквартальная, принимается в любом отделении „Союзпечати“.

Напоминаем Вам, что сведения о подписке Вы можете найти в „Каталоге советских газет и журналов“ в разделе „Центральные журналы“, рубрика „Брошюры издательства „Знание“.

Цена подписки на год 2 р. 40 к.



СЕРИЯ

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**