

1. **Киселёв Я. С.** Физические модели горения в системе предупреждения пожаров. – СПб: Санкт-Петербургский университет МВД России, 2000. – 264 с.

2. **Евграфов А. В.** Водный режим земель и его взаимосвязь с торфяными пожарами: монография. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. – 164 с.

3. Пат. № 67872 Российская Федерация, (51) МПК А62С 3/00,

А62С 2/00. Система мониторинга температурного состояния торфяника / А. В. Евграфов; патентообладатель Евграфов А.В.; опубл. 10.11.2007. Бюл. № 31. – 3 с.

Материал поступил в редакцию 24.03.11.

**Евграфов Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент

Тел. 8-906-782-15-13

E-mail: alex7753@rambler.ru

УДК 502/504:614.8.084

**С. А. МАКСИМОВ**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИМ БАРЬЕРОМ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТОРФЯНИКАХ

*Предложено использовать инженерно-экологические системы двустороннего регулирования водного режима на торфяниках и осуществлять управление гидрофизическим барьером для предотвращения возникновения торфяных пожаров.*

*Торфяные пожары, пожарная опасность, геохимические барьеры, гидрофизический барьер, барьерные функции, почва, регулирование барьеров, инженерно-экологическая система.*

*It is proposed to use engineering-ecological systems of the bilateral regulation of water regime on peat swamps and carry out control of hydro-physical barrier for prevention of peat fire origin.*

*Peat fires, fire hazard, geo-chemical barriers, hydro-physical barrier, barrier functions, soil, regulation of barriers, engineering-ecological system.*

Центральная, Северо-Западная и Северо-Восточная части Европейской России, вся Западная Сибирь расположены в зонах средней и очень высокой пожарной опасности торфов [1], т.е. географически и исторически это территория, для которой лесные, в том числе торфяные, пожары являются естественными и довольно часто повторяющимися событиями.

Пожары в России происходили всегда, приносили огромный ущерб и разрушения, но так ли они неизбежны и в чем причины их возникновения? Любой, даже

самый сильный пожар можно потушить, но можно ли предотвратить его?

Катастрофическая ситуация с пожарами сложилась летом 2010 года. По информации Министерства чрезвычайных ситуаций Российской Федерации, пожарами было охвачено около 500 тыс. га в Центральной России, Поволжье, на Чукотке, в Дагестане и других регионах. Особенно опасными для огромного количества людей стали торфяные пожары, которые были зафиксированы в Московской, Свердловской, Кировской, Тверской,

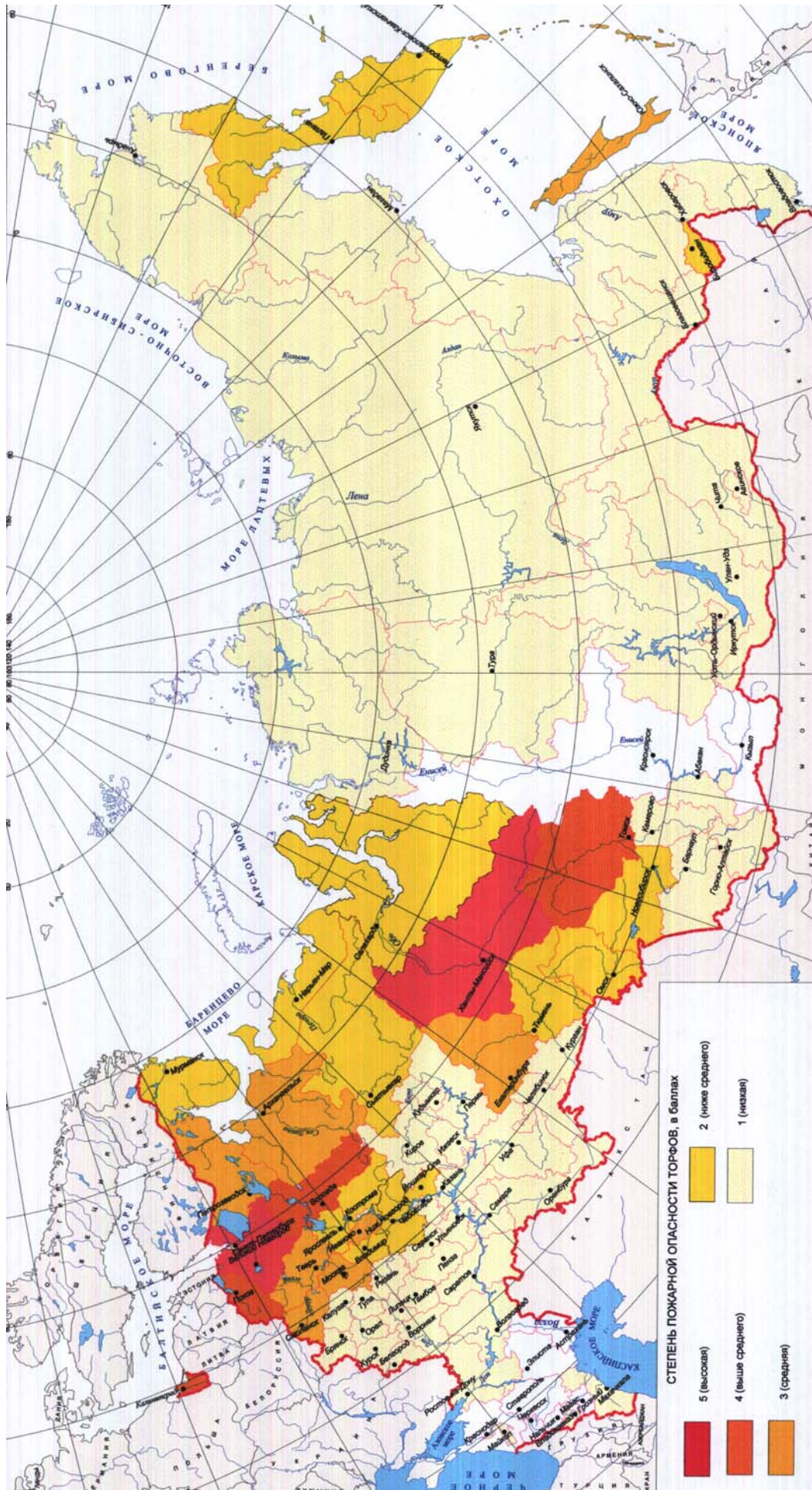


Рис. 1. Опасность и риск торфяных пожаров на территории России [1]

Калужской и Псковской областях.

Основная причина возникновения пожаров известна – это так называемый пресловутый «человеческий фактор» (неподготовленность местных властей и преступная халатность некоторых людей). По мнению начальника главного управления МЧС по Московской области Евгения Секирина [2], 90 % лесных и торфяных пожаров приходится на «человеческий фактор» и только 10 % обусловлены естественными причинами.

Следует также отметить, что многократно увеличило масштабы бедствия именно трагическое сочетание двух обстоятельств – сильнейшей небывалой жары и нового Лесного кодекса РФ, который показал свою несостоятельность в условиях жесточайшего кризиса в лесном хозяйстве страны. В 2010 году в России сгорело четыре тысячи населенных пунктов, погибли 53 человека. В результате пожаров был нанесен ущерб здоровью миллионов людей, в том числе и в Москве. Почти в два раза в этот период увеличилась смертность. По сведениям из открытых источников, экономический ущерб, нанесенный пожарами в 2010 году, может достигать свыше 12 млрд р. [3]. Пожары 2010 года высветили назревшую и очень серьезную проблему, у которой существует ряд аспектов: санитарно-медицинский, социальный, экологический, экономический, политический, технологический и т.п.

Вне зависимости от того, повторится ли подобная жара в ближайшие 10 тыс. лет, выводы необходимо сделать как можно скорей. Совершенно очевидно, что МЧС не может и никогда не сможет спасти население от последствий бесхозяйственности, непрофессионализма или «разрухи в умах».

В обществе, в средствах массовой информации и во властных структурах предлагается обводнить, т.е. затопить торфяники! Этого делать категорически нельзя! Бездумное масштабное обводнение торфяников приведет к подтоплению городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, транспортных коммуникаций, сельскохозяйственных земель, вызовет угрозу возникновения малярии. Подобные действия могут привести к еще более трагическим последствиям для жителей регио-

нов, да и где взять такое огромное количество драгоценной воды?!

Некоторые «мудрецы» предлагают произвести цементацию торфяников методом инъектирования, а затем изменить статус этих земель. И это на площади около 100 тыс. га только в Московской области! Другие предлагают набурить в лесах скважин и установить насосное оборудование и дождевальные аппараты... Неужели здравый смысл исчезает обратно пропорционально росту столбика термометра?

Следует отметить, что в данной ситуации чрезвычайно важно разделять превентивные профилактические мероприятия и собственно мероприятия по пожаротушению. То и другое не должно быть катастрофическим, пагубным для природы и человека.

С технической точки зрения профилактика возникновения особенно опасных торфяных пожаров мелиораторам и гидротехникам вполне понятна.

Мелиорация – улучшение – всегда содержит в своей основе экологическую природоохранную составляющую. Мелиорация позволяет изменять комплекс природных условий (почвенных, гидрологических и др.) обширных регионов в нужном для хозяйственной деятельности человека направлении, создавать благоприятные для полезной флоры и фауны водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы почвы и режимы влажности, температуры и движения воздуха в приземном слое атмосферы. С помощью мелиоративных мероприятий оздоравливается местность и улучшается природная среда.

Основное отличие мелиорации от других мероприятий, связанных с улучшением земель и повышением плодородия почв, – длительность ее действия и те коренные изменения в природе, к которым она приводит. Сущность же мелиорации заключается в управлении потоками веществ энергии и информации в естественных или созданных человеком биогеохимических барьерах.

Управление потоками в биогеохимических барьерах, поддержание их «барьерных функций» осуществляется с помощью инженерных (мелиоративных, экологических) систем, отдельных сооружений при

проведении специальных, часто долгосрочных, мероприятий. Именно эти свойства мелиорации целесообразно использовать для создания условий, предотвращающих возникновение пожароопасных ситуаций на торфяниках. Поэтому для того чтобы исключить саму возможность возникновения торфяных пожаров, необходимо создать инженерно-экологические системы.

Основу инженерно-экологических систем составляет управленческий механизм гидрофизического барьера для двустороннего регулирования водного режима торфяной залежи. Во влажные годы, особенно в дождевые периоды, эти системы отводят избыток влаги, в сухие или засушливые периоды восполняют дефицит влаги и обеспечивают такую влажность торфяной залежи, при которой ее возгорание, естественное или искусственное, становится просто невозможным. Обеспечить такое двустороннее регулирование можно, если использовать известную в мелиоративной науке и практике технологию «шлюзования». Эта технология для долгосрочного управления уровнем грунтовых вод в торфяной залежи предполагает совместную работу специальных сооружений. Такие инженерно-экологические системы имеют ряд достоинств: а) фактически они обеспечивают длительное функционирование гидрофизического барьера, свойства которого создают условия, обеспечивающие пожарную безопасность торфяных угодий; б) такие системы, как правило, водооборотные, т.е. используют воду по замкнутому циклу; в) они безнапорные или не требуют строительства крупных насосных станций; г) для функционирования таких систем требуется значительно меньше воды, чем при тушении торфяного пожара.

Работу по созданию такого рода систем необходимо проводить после детального исследования каждого конкретного торфяного массива, выявления его контура, гидрографических, геологических, гидрогеологических, гидрологических изысканий. В качестве примера размещения сооружений на инженерно-экологической мелиоративной системе может служить схема, приведенная на рис. 2. В состав сооружений и оборудо-

вания инженерно-экологической системы входят: подающий канал; сбросной канал; осушители-увлажнители; насосные станции; наблюдательные скважины; шлюзы-регуляторы; устройства контроля и управления; эксплуатационные дороги и сооружения.

На приведенной схеме видно, что инженерная система интегрирована в природный объект, которым является водноболотное природное образование, почвы, грунты или торфяная залежь, и содержит искусственные регулирующие, подводящие, отводящие и управляющие элементы. По своей сути она является техноприродной системой, т.е. системой, состоящей из искусственных и естественных компонентов.

Современная мелиоративная наука широко использует знания о процессах переноса, протекающих в таких системах. Для изучения искусственных или естественных барьеров различной природы, обоснования режимов их работы, обоснования параметров инженерных систем для управления потоками веществ применяют наиболее совершенные методы научного познания – методы математического компьютерного моделирования. Чтобы обосновать методы регулирования гидрофизического барьера в торфяной залежи, необходимо понимать процессы переноса влаги.

В математической модели, разработанной на кафедре мелиорации и рекультивации земель ФГОУ ВПО МГУП, для описания режимов работы гидрофизического барьера используется одномерное дифференциальное уравнение:

$$C \frac{dH}{dt} = \frac{d}{dx} \left( K_w \frac{dH}{dx} \right) - \bar{e}_k, \quad (1)$$

где  $C$  – коэффициент влагоемкости (по А. И. Голованову),  $\text{м}^3/\text{м}^4$  ( $\text{м}^3$  – кубический метр почвенной влаги или подземных вод);  $t'$  – время, сут;  $H$  – полный напор почвенной влаги, учитывающий гравитационную и каркасно-капиллярную составляющие, при отсчете напоров от поверхности земли по оси  $x$ , направленной вниз,  $H = -x \pm \psi$ ;  $x$  – гравитационный потенциал, м;  $\psi$  – каркасно-капиллярный потенциал – напор, эквивалентный каркасно-капиллярному давлению в зоне неполного насыщения и гидростатическому давлению в зоне полного насыщения, м;  $K_w$  – коэффициент влагопроводности,  $\text{м}^3/\text{м}^2/\text{сут}$ ;  $\bar{e}_k$  – интенсивность отбора почвенной влаги корнями растений из единичного объема почвы,  $\text{м}^3/\text{м}^2/\text{сут}$  (зависит от особенностей развития корневой системы, влажности

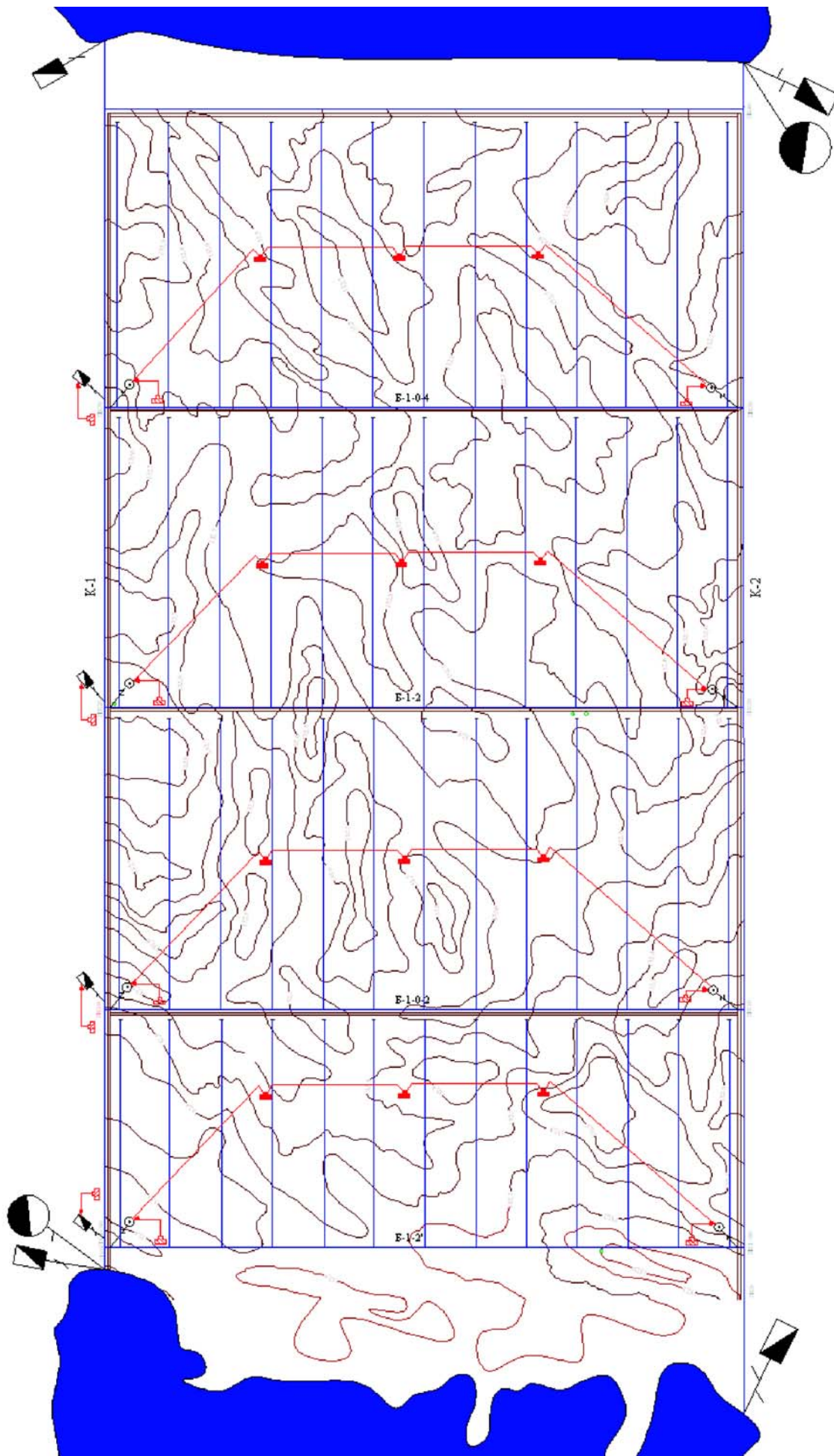


Рис. 2. Пример противопожарной инженерно-экологической системы: — подающий канал; — сбросовой канал; — осушитель; — датчик уровня грунтовых вод; — насосная станция; — датчик уровня воды в канале; — водовыпуск автоматизированный; — перегораживающее сооружение; — перегораживающее сооружение автоматизированное; — шлюз автоматизированный

почвы и энергетических возможностей приземного слоя атмосферы),

$$C = \frac{d\omega}{dH} = -\frac{d\omega}{d\psi}, \quad (2)$$

где  $\omega$  – объемная влажность почвы,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ .

При изменении влажности от полного насыщения до влажности, соответствующей МГ, между влажностью  $\omega$  и капиллярным потенциалом  $\phi$  принимается следующая зависимость:

$$\omega = \omega_M + (m - \omega_M) \exp\left(-\eta \left|\frac{\phi}{h_k}\right|^\mu\right), \quad (3)$$

где  $\eta, \mu$  – эмпирические коэффициенты;  $\omega_M$  – влажность почвы, соответствующая максимальной гигроскопичности,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $m$  – пористость,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ .

Коэффициент влагопроводности  $K_w$ ,  $\text{м}^3/\text{м}^2/\text{сут}$  (по А. И. Голованову):

$$K_w = K_f \left(\frac{\omega - \omega_M}{m - \omega_M}\right)^5, \quad (4)$$

где  $K_f$  – коэффициент фильтрации (влагопроводность при полном насыщении),  $\text{м}^3/\text{м}^2/\text{сут}$ .

В данном случае рассматривают только вертикальные потоки. Для описания влагопереноса в латеральных барьерах и динамики подземных вод, где наиболее часто возможны горизонтальные потоки, необходимо использовать двух- или трехмерные модели и уравнения.

Для решения уравнения (1) должны быть определены начальные условия и заданы граничные условия, регламентирующие область решения, особенности и методы решения. Например, весенние влагозапасы реализуются начальными условиями в виде исходной эпюры влажности расчетного слоя. Атмосферные осадки и испарение с поверхности задаются переменными во времени граничными условиями. Осадки учитывают мгновенным приращением влагозапасов в день их выпадения. Граничные условия на нижней границе расчетной области зависят от гидрогеологической обстановки и позволяют учесть работу дренажа. Так, задаваясь начальными и граничными условиями, пределами регулирования влажности, можно рассчитать и проанализировать динамику влагозапасов торфяной залежи. В ходе счета оцениваются величина и направление вертикальных потоков влаги, колебание глубин грунтовых вод,

объем дренажного стока. Такой подход позволяет также определять оптимальные варианты режимов работы гидрофизического барьера.

На рис. 3 и 4 представлены результаты расчетов режима работы гидрофизического барьера по модели А. И. Голованова.

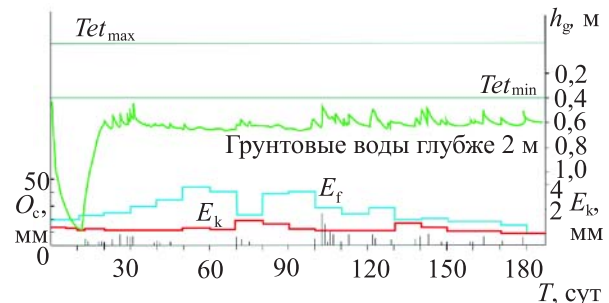


Рис. 3. Пример расчета водного режима торфяной залежи в условиях Орехово-Зуевского района Московской области для сухого года 90% обеспеченности (по А. И. Голованову)

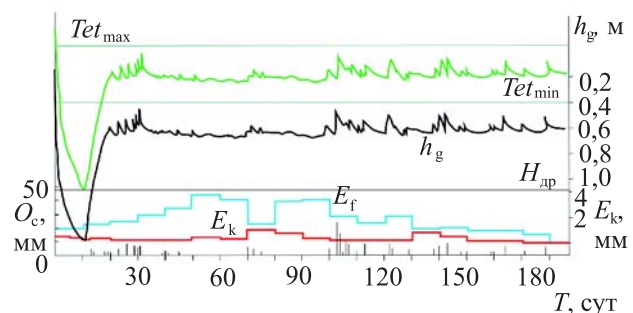


Рис. 4. Пример расчета водного режима при плюзовании торфяной залежи в условиях Орехово-Зуевского района Московской области для сухого года 90% обеспеченности (по А. И. Голованову)

На приведенных рисунках:  $Tet_{min}$ ,  $Tet_{max}$  – минимальное и максимальное значения диапазона регулирования влажности в расчетном слое торфяной залежи, в долях от пористости;  $h_g$  – глубина грунтовых вод, м;  $E_k$  – транспирация, мм;  $E_f$  – физическое испарение, мм;  $O_c$  – осадки, мм;  $T$  – время, сут.

Для сухого года (90% обеспеченности) количество осадков составляет 207 мм, а суммарное испарение – 419 мм. С первых чисел мая влажность в верхнем метровом слое торфяной залежи опускается ниже критического с пожарной точки зрения значения, которое для торфа составляет 40% от объема и держится в течение всего летнего периода. Грунтовые воды в течение

всего расчетного периода находятся на глубине 2,5...3,0 м.

На рис. 4. видно, что работающая инженерно-экологическая система обеспечивает такое положение уровня грунтовых вод, при котором влажность верхнего метрового горизонта находится в заданном диапазоне, что исключает горение торфяной толщи. В общем случае влажность верхнего метрового горизонта должна находиться в диапазоне 40...80 % от объема.

#### Выводы

Водно-торфяные угодья, которые в России занимают более четверти территории страны, как и леса, поля и степи являются ценными природными объектами – достоянием народа и требуют внимания и заботы ученых и государства.

Предотвращение возможности возникновения пожаров на торфяниках осуществляется с помощью инженерно-экологических систем, управляющих работой гидрофизического барьера в торфяниках и обеспечивающих требуемый режим.

Обоснование технологических параметров и проектирование таких инженерно-экологических систем осуществляется с использованием современных представлений о динамике процессов переноса и перераспределения влаги в торфяной залежи и математического моделирования в различные по водообеспеченности годы.

В общем случае влажность верхне-

го метрового горизонта должна находиться в диапазоне 40...80 % от объема.

Такую работу в пожарном порядке не осуществить! Проектирование инженерно-экологических систем необходимо проводить после детального исследования каждого конкретного торфяного массива, выявления его контура, гидрографических, геологических, гидрогеологических, гидрологических изысканий.

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под ред. С. К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. – 270 с.

2. Пресс-конференция начальника главного управления МЧС по Московской области Евгения Секирина в центре РАМИ РИА Новости 16.07.10. – URL: <http://www.rian.ru/announce/20100714/254746238.html>.

3. Рекультивация земель: учебник / Под ред. А. И. Голованова. – М.: КолосС, 2008. – 328 с.

4. **Максимов С. А.** Мелиорация сельскохозяйственных земель Нечерноземной зоны России: учеб. пособие. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2004. – 103 с.

Материал поступил в редакцию 28.03.11.

**Максимов Сергей Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»

Тел. 8-963-762 36-22

E-mail: [s.a.maksimov@mail.ru](mailto:s.a.maksimov@mail.ru)