

подпахотном слое, увеличение запаса влаги в метровом слое почвы до 50 %. На 16...25 % уменьшается дневная температура почвы в слое 10...60 см. Все это является основой формирования более высокого урожая озимой пшеницы: при глубоком рыхлении (до 60 см) урожай составил 50,1 ц/га, а на вспашке (20...25 см) — 39,8 ц/га. Прибавка уро-

жая при глубоком рыхлении почвы (до 0,6 м) по сравнению со вспашкой (на 20...25 см) достигла 10,1 ц/га, или 26 %.

Ключевые слова: глубокое разуплотнение почвы, водопроницаемость, температурный режим, рыхлитель ГНЧ-06, повышение продуктивности, водно-воздушный режим, поверхностный сток, температурный режим.

УДК 502/504:626

Л. Н. Рыжанкова, канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный заочный университет»

Э. С. Аргал, доктор техн. наук

Специальный проектно-изыскательный институт «Гидроспецпроект»

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Исследование негативного воздействия строительных технологий на человека и природные экосистемы и разработка принципов устойчивого экологически безопасного строительства – важнейшие задачи экологии. Результаты лабораторных исследований дают основу для расчета практической опасности использования испытанных материалов при производстве укрепительных и противофильтрационных инъекционных работ в гидротехническом строительстве. Для экологически безопасного строительного производства необходимо разрабатывать новые технологии и применять строительные материалы, позволяющие максимально снизить антропогенные нагрузки на природные экосистемы. Чтобы защитить водные объекты от вредных химических веществ, необходимо принимать специальные меры и устраивать экологически безопасные подземные защитные конструкции.

These substances get into ground water in the process of injection in the construction period and are washed out from the grouting during service time, and then gradually migrate with ground water to rivers, lakes and other watercourses where they can produce major disturbances of ecological equilibrium in ambient geosphere and biosphere. In these circumstances it is necessary to take special measures and arrange ecologically appropriate underground protective structures to prevent unwanted processes.

Отношения человека и природы в XX веке стали своеобразным центром, в котором сходятся и завязываются в один узел различные направления экономической, общественной и культурной жизни людей. Угроза глобального экологического кризиса свидетельствует об исчерпании возможностей само-

регуляции биосферы в условиях возрастания интенсивности человеческой деятельности в природе. В связи с этим человечество вынуждено взять на себя ответственность за сохранение естественной среды обитания в жизнепригодном состоянии. Для преодоления существующих экологических трудностей

необходимы существенные изменения в направлениях развития науки и техники, производства и управления.

Строительная деятельность в настоящее время — крупнейший источник загрязнения окружающей среды и значительный потребитель как возобновляемых, так и невозобновляемых ресурсов планеты. Поэтому в настоящее время важнейшей задачей является исследование негативного воздействия строительных технологий на человека и природные экосистемы и разработка принципов устойчивого, экологически безопасного строительства.

Экология гидротехнических работ. Строительство гидротехнических сооружений всегда вызывает те или иные отклонения от состояния природного экологического равновесия. Нарушения сложившейся природной обстановки неизбежны даже при самом тщательном соблюдении требований всех нормативных документов.

Строительство — крупнейший потребитель природных ресурсов. Производство строительных материалов и изделий — наиболее материалоемкий вид антропогенной деятельности. Для ежегодного производства бетона (более 1 млрд м³) требуются сотни миллионов тонн цемента, щебня, песка и других невозобновляемых природных ресурсов.

Современное строительное производство существенно влияет на процессы, происходящие в природных экосистемах, негативно воздействуя на все компоненты биосферы: атмосферу, гидросферу, литосферу и биотические сообщества.

Негативное воздействие строительства на гидросферу проявляется в интенсивном водопотреблении, загрязнении водоемов поверхностными стоками со строительных площадок, изменении водного режима рек при строительстве водохозяйственных объектов.

Гидротехническое строительство — крупнейший водопотребитель. Вода используется для следующих нужд:

приготовления бетона, охлаждения бетонных блоков и ухода за твер-

деющим бетоном;

промывки инертных заполнителей (гравия, песка) для бетона;

производства инъекционных работ по закреплению грунтов основания, созданию противодиффузионных завес, цементации временных (температурно-усадочных) швов бетонных плотин со столбчатой разрезкой;

тепло- и водоснабжения, охлаждения двигателей и технологических установок;

мытья машин, механизмов, оборудования для приготовления и транспортировки бетона;

намыва грунта при возведении грунтовых плотин способом гидромеханизации (для укладки 1 м³ грунта в тело плотины требуется до 10 м³(!) воды).

Загрязненный поверхностный сток с территорийстроек, как правило, не очищается и даже не отстаивается и непосредственно попадает в водоемы.

Вредные химические вещества могут также попадать в водоемы вследствие выщелачивания бетона плотин и размыва пластов, содержащих растворимые субстанции, в основании сооружений при фильтрации подземных вод.

Разработка карьеров строительных материалов вызывает изменение уровня грунтовых вод, эрозию почв.

Строительство гидротехнических сооружений на реках приводит к изменению их гидрологического режима, переформированию берегов, затоплению значительных площадей.

Многие виды специальных работ в гидротехническом строительстве (буровзрывные, свайные, противодиффузионные, работы по водопонижению и закреплению грунтов) оказывают многостороннее негативное воздействие на естественные экологические системы, природные ландшафты, нарушают экологическое равновесие и наносят значительный урон состоянию окружающей среды. Поэтому необходимо разрабатывать технологии производства работ и применять строительные материалы, дающие возможность максимально снизить антропогенные нагрузки на природные экосистемы.

Экологическая оценка применения инъекционных растворов для противofильтрационных и укрепительных мероприятий. При производстве инъекционных работ для укрепления горных пород и устройства противofильтрационных завес в основании гидротехнических сооружений используют различные материалы, самым распространенным из которых является цемент. В конце прошлого века для этих целей стали применять различные смолы, полимеры и другие химические композиции. Попадая в процессе инъекции в грунтовые воды, эти вещества постепенно перемещаются вместе с ними в реки, озера и другие водоемы, где могут вызвать серьезные нарушения экологического равновесия в окружающих гео- и биосферах.

Как в России, так и в зарубежных странах в 60–80-х гг. прошлого века проводились исследования по изысканию полимеров, пригодных для химического закрепления проницаемых грунтов, особое место среди которых занимали хромлигниновые рецептуры. Достоинство этой рецептуры — способность отверждаться при пониженных положительных температурах, недостаток — опасность загрязнения грунтовых вод ядовитым шестивалентным хромом, который легко выщелачивается из закрепленного грунта [2].

Проектом одного из гидроузлов предусматривалась проходка туннелей через зоны разлома с предварительным укреплением горных пород цементацией и последующей инъекцией химических растворов на основе мочевиноформальдегидных (карбамидных) смол вместе с отвердителем — щавелевой кислотой.

В лаборатории ООО «Гидроспецпроект» в те же годы были выполнены исследования по определению интенсивности выделения свободного формальдегида из растворов мочевиноформальдегидных смол и из отвержденной смолы. Определяли количество формальдегида, выделяемого гелем карбамидной смолы с поверхности (закрепленный грунт), при нарушении геля

(разработка закрепленного грунта) и при его распространении на поверхности (разлив). При приготовлении растворов мочевиноформальдегидных смол, их твердении и разрушении в атмосферу выделяется свободный формальдегид, обладающий токсичными свойствами: он может вызывать дегенеративные процессы в паренхиматозных органах, sensibilizировать кожу, сильно действует на центральную нервную систему, особенно на зрительные бугры. Подземные воды, омывающие туннель, фильтруя через вмещающие породы, впоследствии могут выносить продукты размыва этих пород, закрепленных с применением токсичных материалов, в русло реки или в водохранилище, нарушая их экологическую чистоту.

Полученные количественные результаты лабораторных исследований дают проектировщиками основу для расчета практической опасности использования испытанных материалов при производстве укрепительных и противofильтрационных инъекционных работ.

Защита от размыва в основании плотины горных пород, содержащих вредные вещества. Вынос фильтративными водами вредных продуктов растворения, со временем увеличивающийся, может вызвать нарушение экологической обстановки в районе строящегося объекта. В конце прошлого века было начато строительство Катунской ГЭС на реке Катунь (Алтай). Однако потенциальная возможность вымыва ртути из горных пород, залегающих в районе будущего водохранилища, вызвала серьезные опасения за сохранность экологической обстановки в данном регионе и заставила отказаться от этого проекта.

Необходимость проведения мероприятий по защите соленосных пород в зоне строительства Рогунского гидроузла на реке Вахш (Таджикистан) продиктована тем, что при движении фильтративного потока вблизи соляного пласта происходит интенсивный процесс растворения соли, который после поднятия напора в водохранилище может еще усилиться и привести к

выносу засоленных вод в нижний бьеф, что приведет к необратимым изменениям в окружающей среде.

В качестве исходной предпосылки при расчетах были приняты следующие условия. Пласт соли водонепроницаем, процесс растворения происходит только в тонком пограничном слое у поверхности пласта. На низовой грани соляной толщи образуется зона, близкая к застойной, где отвод растворенных солей осуществляется главным образом путем диффузии. Верховая грань и оголовки соляного пласта подвержены в большей мере влиянию конвективного переноса продуктов растворения.

Одной из причин некачественной цементации скважин, пройденных в соленосных отложениях, является растворение соли инъекционным раствором, в результате чего вокруг скважины образуется зазор, заполненный раствором солей. В зоне контакта цементная суспензия не схватывается из-за сильного разбавления соляным раствором. Неплотная цементационная завеса слабо сопротивляется воздействию напорного фильтрационного потока, выносящего продукты растворения в окружающее подземное, а затем и в наземное пространство.

Предотвратить или снизить действие этого явления можно, если использовать насыщенные солью растворы. Это же мероприятие препятствует заметному изменению свойств инъекционного раствора — ускорению или замедлению его схватывания — при попадании вымываемых из породы солей в раствор, а также улучшает его реологические свойства. Рецепт и количество вводимых в него солей определяются интенсивностью растворения солевых отложений, температурой и давлением.

Соли, содержащиеся в рассолах, вступая в физико-химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента, оказывают значительное влияние на процессы схватывания и твердения растворов и на прочность це-

ментного камня. Поэтому растворы для цементации горных пород должны обладать следующими особенностями: не загустевать при взаимодействии с рассолами, сохранять текучесть на период нагнетания, затвердевать в трещинах при циркуляции рассолов и противостоять их агрессивному воздействию. Обычные, повсеместно применяемые инъекционные растворы такими свойствами не обладают. Поэтому был проведен ряд исследований по разработке составов инъекционных растворов, отвечающих приведенным требованиям.

Особое внимание было уделено выбору вязущего, наиболее стойкого к агрессивному влиянию раствора соли (NaCl). Для приготовления инъекционных растворов применяли цементы различного минералогического состава. В результате исследований было установлено, что все растворы, приготовленные на рассоле, имеют более низкую прочность при сжатии, чем приготовленные на воде, причем с увеличением концентрации рассола прочность цементного камня резко снижается. Отрицательное влияние рассола особенно резко сказывается на прочности камня из растворов на глиноземистом цементе. В меньшей степени оно проявляется на прочности камня из растворов на сульфатостойком, низкоалюминатном и шлакопортландцементах. Исключением являются растворы на магнезиальном цементе, у которых рассол затвердения ускоряет схватывание и повышает прочность камня при сжатии.

Стабильность инъекционных растворов и плотность цементного камня можно значительно повысить при введении небольших добавок бентонита или комбинированных добавок — бентонита, гипса и хлористого кальция.

Увеличение содержания цемента в растворе ведет к замедлению растворения каменной соли, однако эта разница сглаживается при увеличении содержания соли.

Анализ результатов исследований позволяет выявить общую тенденцию

к удлинению сроков схватывания раствора по мере повышения концентрации хлористого натрия в жидкости затворения. Еще одной закономерностью является увеличение сроков схватывания растворов при повышении водоцементного отношения.

Исследование керн, выбуренного из области, которая непосредственно примыкает к оголовку соляного пласта, показало, что его засоленность составляет 8,5 %. Для определения скорости растворения соли через камень, образовавшийся из твердеющего материала, были выполнены две серии опытов.

При хранении образцов в водной среде происходит встречная диффузия молекул соли и воды. Ее скорость зависит от плотности цементного камня, толщины слоя, отделяющего соль от окружающей среды, площади поверхности, через которую происходит диффузия, наличия защитной корки на цементном камне и некоторых других факторов. При выдерживании кубиков в концентрированном рассоле момент нарушения контакта отодвигается на 60 сут для цементного и на 120 сут для цементно-суглинистого раствора. Однако такие сроки не являются достаточными для материала, который должен служить изоляцией пласта в течение многих лет.

Для определения возможных пределов уплотнения примыкающих с соляному оголовку пород и надсолевого пространству путем их цементации и последующей инъекцией химических растворов были выполнены опытные работы на левом и правом берегах реки Вахш. Было установлено, что критические давления нагнетания, вызывающие разрыв пород, составляют от 0,5 МПа на глубине 10 м до 1,8 МПа на глубине 70 м. В среде засоленных пород инъекционный раствор структурировался через 3 сут, а на 8 сут цементный камень был плотным и крепким. Скважины второй очереди цементировали растворами, затворенными на насыщенных рассолах. Это положитель-

но сказалось на сцеплении цементного камня с породой и с солью за счет снижения солерастворяющей способности цементного раствора.

Выводы и рекомендации

Экологически безопасным может считаться только такое строительное производство, при котором в природных экосистемах не будут происходить необратимые изменения. Необходимо разрабатывать технологии производства работ и применять строительные материалы, дающие возможность максимально снизить антропогенные нагрузки на природные экосистемы.

Загрязненный поверхностный сток с территорийстроек, как правило, попадает непосредственно в водоемы. Поэтому следует очищать сбрасываемые воды, а также применять технологии, снижающие количество воды, используемой при производстве строительных работ.

Некоторые виды специальных гидротехнических работ оказывают негативное воздействие на естественные экологические системы, природные ландшафты, нарушают экологическое равновесие и наносят значительный урон состоянию окружающей среды. Для их выполнения необходимо применять «щадящие» технологии и экологически безопасные материалы.

Вредные химические вещества могут попадать в водоемы вследствие размыва пластов фильтрующими подземными водами. В этих случаях необходимо принимать специальные меры и устраивать экологически безопасные подземные защитные конструкции для предотвращения нежелательных процессов.

Ключевые слова: природная экосистема, экология гидротехнических работ, негативное воздействие строительства на гидросферу, поверхностный сток, гидрологический режим рек, экологическая оценка, инъекционные растворы для противодиффузионных и укрепительных мероприятий.

Список литературы

1. **Передельский, Л. В.** Строительная экология [Текст] / Л. В. Передельский,

О. Е. Приходченко. — Ростов-на Дону : Феникс, 2003. — 315 с.

2. **Argal, E.** Ecological Assessment of Water Filtration Processes and Application of Injection Solutions in Antifiltration and Reinforcement Measures in the Dam Base

[Text] / E. Argal, V. Ashikhmen, V. Korolyov, L. Pronina // ICOLD 72nd Annual Meeting : Proceedings (Symposium on Environmental Considerations for Sustainable Dam Projects). — May 16–22. — Seoul, 2004. — P. 17–34.

УДК 502/504:627.13: 556.16

А. В. Магомедова, доктор техн. наук, профессор

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дагестанский государственный технический университет»

Е. С. Дмитриев, канд. физ.-мат. наук

ОАО «Институт прикладной экологии»

М. А. Гуруев, канд. биол. наук

Северо-Кавказское отделение ОАО «Институт прикладной экологии», Махачкала

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПАВОДКОВОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ УСТЬЕВОГО УЧАСТКА РЕКИ ТЕРЕК)

В статье дается описание компьютерной реализации гидродинамической модели паводкового руслового потока, которая представляет собой прогнозно-моделирующий программный комплекс на базе ГИС-интерфейса и внешних расчетных модулей. Программный комплекс обеспечивает расчет и визуализацию кривых свободной поверхности руслового потока, уровней воды в створах и точек перелива воды через гребни дамб обвалования, а также определение пропускной способности русла и потерь стока по его длине при паводковых расходах различной обеспеченности. Эти данные являются основой для моделирования зон затопления прибрежных территорий.

In the article the description of computer realization of hydrodynamic model of the flood channel flow is given, which is a prognosis-simulating software system on the basis of GIS-interface and external calculated modules. The software system provides calculation and visualization of free surface curves of the channel flow, water-levels in river stations and points of water overflow through crests of ridging dams, and also definition of channel capacity and losses of the water flow on its length at flood water discharge of different provision. These data are a basis for simulation of flood zones of coastal territories. Key words: hydrodynamic model, flood, channel flow, channel capacity, software system, GIS- technologies.

В результате воздействия природных и антропогенных факторов все чаще возникает угроза возникновения чрезвычайных экологических ситуаций. Проблема прогноза и предупреждения их особенно актуальна для области экологии и охраны водных и земельных ресурсов — основы жизнеобеспечения людей. Возрастающая антропогенная нагрузка на поверхностные и подземные источники природных вод приводит к ухудшению их качества не

только в зоне сброса загрязняющих веществ, но и на значительном расстоянии от нее вследствие переноса загрязняющих веществ водными артериями. Паводки на реках усиливают эти процессы в результате наводнений, вызывающих затопление населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, ирригационных систем, берегозащитных и других сооружений. Эта проблема актуальна и для Дагестана, территория которого изрезана сетью больших