

Министерство мелиорации и водного хозяйства БССР
Белорусский научно-исследовательский институт
мелиорации и водного хозяйства
Брестский инженерно-строительный институт

ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

МИНСК
НАУКА И ТЕХНИКА
1981

ББК 26.22
П78
УДК 556.18

Проблемы водных ресурсов.— Мн.: Наука и техника, 1981.— 168 с.

В сборнике рассматриваются различные аспекты комплексного использования водных ресурсов.

Анализируются показатели эффективности фактического использования водных ресурсов, а также проблемы их охраны от загрязнения и вредного воздействия вод. Освещаются вопросы составления текущих и прогнозных схем использования земельных и водных ресурсов в зоне избыточного увлажнения, оптимизации схем водоснабжения, теории движения пульпы в закрытых и открытых водоводах, расчеты стоков поверхностных и подземных вод.

Рассчитан на работников проектных, производственных и исследовательских организаций, а также преподавателей и студентов учебных заведений строительного профиля.

Редакционная коллегия:

А. М. Трусъ (отв. редактор),
П. П. Строкач (зам. отв. редактора),
Л. М. Каролинская (отв. секретарь),
Б. В. Карасев, Ю. В. Стефаненко, П. В. Шведовский,
З. И. Гончарова, В. Н. Рылов, В. Е. Валуев, Б. А. Митин

Рецензенты:

П. К. Филонович, П. Н. Костюкович,
кандидаты технических наук

40305—018
П — зак.—81 3301000000
М316—81

© Брестский инженерно-строительный институт, 1981.

ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Значение воды в природе трудно переоценить. Вода — один из важнейших компонентов формирования естественной среды биологического обитания всего живого на земле. Только при наличии воды в условиях нашей планеты возможен фотосинтез. Она необходима для жизни человека, для осуществления целенаправленной хозяйственной деятельности общества.

В виде атмосферных осадков вода является уникальным фильтром для очистки воздушного бассейна земли, так как она растворяет газы и твердые пылеобразные вещества, находящиеся в воздухе. Обладая исключительной теплоемкостью, вода служит аккумулятором солнечной энергии всей планеты, активно участвует в формировании климата.

Таким образом, вода — одно из важнейших условий жизнедеятельности человека. Поэтому в нашей стране уделяется большое внимание рациональному использованию природных ресурсов, в том числе водных, их охране и защите от загрязнения. Совет Министров СССР принял постановления «Об усилении государственного контроля за использованием подземных вод и о мероприятиях по их охране» (1959 г.), «О мерах по упорядочению использования и усилению охраны водных ресурсов СССР» (1960 г.). С 1 января 1971 г. вступили в силу Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик. На их основе разработан Водный кодекс Белорусской ССР, регулирующий порядок и условия пользования водами. В 1972 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О мерах по дальнейшему улучшению охраны природы и рациональному использованию природных ресурсов», а в 1979 г. — «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов».

Для повышения эффективности научно-исследовательской работы в области оптимизации водного хозяйства в стране создан ряд научно-исследовательских институтов, лабораторий, опорных станций и других подразделений. Только в десятой пятилетке на охрану природы государством выделено 11 млрд. руб. В дальней-

шем ассигнования на эти цели в связи с интенсификацией хозяйственной деятельности, урбанизацией и ростом народонаселения будут возрастать.

Особое внимание уделяется экологическому воспитанию, формированию нравственных аспектов отношений между человеком и природой. В соответствии с этими задачами совершенствуется работа школ, профтехучилищ, техникумов, институтов и университетов. Ведется обширная просветительная работа по проблемам окружающей среды и водных ресурсов среди населения.

Одно из свидетельств разумного социалистического природопользования — подготовка специалистов по охране окружающей среды, в том числе и по защите вод от загрязнения. Так, начиная с 1966 г. Брестский инженерно-строительный институт впервые в Белоруссии начал подготовку инженеров-технологов по очистке природных и сточных вод. За истекший период выпущено свыше 500 молодых специалистов, работающих на многих предприятиях республики и страны. В институте имеется крупная материально-техническая база, накоплен значительный опыт учебно-воспитательной и научно-исследовательской работы, создано учебно-научно-производственное объединение «Водоканал», которое решает комплекс учебных, научных и практических задач.

Институтом на основе хозяйственных договоров с предприятиями и организациями ведется значительный объем научных исследований по разработке эффективных методов очистки природных и сточных вод, по оборотным системам потребления воды и другим научным проблемам.

Почему же так остро встали вопросы водных ресурсов и проблемы их защиты от загрязнения?

Во-первых, пресной воды, пригодной для человека, на земле мало: она составляет всего лишь 0,06% общих ресурсов и распределена на поверхности суши крайне неравномерно.

Во-вторых, возрастающая хозяйственная деятельность общества, интенсификация сельскохозяйственного производства, вовлечение в оборот новых земель, расширение промышленного производства, демографический рост и урбанизация резко увеличивают объемы потребления воды и сброса загрязненных стоков в зону обитания, перераспределяют установившийся естественный баланс. Эти процессы носят глобальный характер и оказывают прямое или косвенное воздействие на окружающую среду, ее комфортность и продуктивность. К тому же многие отрицательные их последствия трудно поддаются учету и анализу на стадии планирования, проектирования и прогнозирования хозяйственных систем.

В-третьих, загрязнение природных вод различными микро- и макродобавками отрицательно влияет на жизнедеятельность био-

логических объектов. Если учесть огромную подвижность воды в атмосфере, на поверхности и под землей, ее способность к переносу растворенных веществ, то проблема защиты водных ресурсов от загрязнений оказывается актуальной и жизненно важной.

Белоруссия считается среднеобеспеченной водными ресурсами. Ведущими направлениями отраслевого использования вод в республике являются: коммунально-бытовое и производственное водоснабжение; орошение земель; прудовое и озерное рыбоводство. Остальные направления использования воды сопутствующие.

Наиболее интенсивно участвуют в хозяйственном и биологическом обороте и фотосинтезе поверхностные воды — реки, озера, водоемы, которыми очень богата Белоруссия. Так, половину ее территории занимает бассейн Днепра, вторую половину — Западной Двины, Западного Буга и Немана. Названные бассейны включают в себя более 2900 рек общей протяженностью 51,5 тыс. км. Площади этих бассейнов представляют собой равнины с высокой степенью заболоченности, что вызывает необходимость проведения крупных мероприятий по осушению земель, в частности по регулированию уровня грунтовых вод и увлажнению почвы.

Многочисленные реки в Белоруссии являются не только источниками водоснабжения, но и транспортными артериями. Так, в настоящее время 3,9 тыс. км рек используется для судоходства и частично для сплава леса.

Под воздействием климатических факторов водный режим рек испытывает сезонные и многолетние колебания. В зависимости от климатических условий суммарный речной сток может достигать 96 км³ или, наоборот, снижаться до 39 км³ в год. Кроме климатических факторов, существенное влияние оказывает хозяйственная деятельность, в частности интенсификация сельскохозяйственного производства, осушительные мелиорации, создание водохранилищ, динамика лесистости и др.

В республике насчитывается также 10 750 озер и водохранилищ, общая площадь которых составляет 1,5% всей территории Белоруссии. Это хорошая база для сельскохозяйственного производства, водоснабжения, рыбоводства, размещения баз отдыха и лечебно-санаторных учреждений.

Поверхностные воды пополняются за счет снегодождевых осадков и обеспечивают условия биологического воспроизводства и регенерации среды обитания на территории республики. По данным научных исследований [1], объем суммарных поверхностных вод, поступающих на территорию республики за счет осадков, составляет 155,4 км³ в год. 119 км³ воды возвращается обратно в атмосферу в результате испарения, 36,4 км³ уходит на сопредельные территории в виде речного стока. Из соседних тер-

риторий в Белоруссию поступает 20,7 км³ воды. Таким образом, общие ресурсы поверхностных вод составляют 57,1 км³ в год.

Приведенные цифры примерные, так как составляющие баланса зависят от многочисленных факторов дестабильности в пределах годовых и многолетних циклов. Ряд ученых придерживаются мнения, что интенсификация всего комплекса хозяйственной деятельности повлияет в ближайшие десять лет на объем транзитных вод и речного стока незначительно. Однако подобная стабилизация возможна лишь при планировании и учете всех факторов в общем комплексе водного хозяйства республики.

На баланс поверхностных вод существенно влияет их активная фильтрация в нижележащие горизонты. В искусственных водоемах она может достигать 50% суммарного водопотребления.

Продолжает обостряться проблема расхода свежей воды промышленными, энергетическими и коммунальными предприятиями. В первом и втором случаях целесообразно идти по пути замкнутых оборотных систем водоснабжения за счет достижения необходимого уровня очистки от загрязнений в технологическом цикле производства. На коммунальные цели возможно использование возвратных вод малых городов, предприятий пищевой промышленности, комплексов для орошения трав и технических культур. Исследования авторов указывают на обоснованность и целесообразность такого предложения [2].

Заслуживает особого внимания проблема перераспределения поверхностных вод путем переброски их из бассейнов с избыточными ресурсами в бассейны дефицита. В настоящее время такая переброска осуществляется из Вилии в Свислочь. Предполагается также осуществить переброску воды из Немана в Припять. Весьма перспективна в этом отношении Западная Двина и другие реки.

Хозяйственное использование поверхностных вод вызывает нежелательные последствия: подтопление или затопление значительных территорий. Когда почва не покрыта растительностью, избыток влаги вызывает водную эрозию, а ее отсутствие — ветровую. Это резко снижает продуктивность почвы, создает неблагоприятные условия для растениеводства и животноводства.

Неравномерность внутригодовых осадков и стока ведет к наводнениям и паводкам, наносящим периодически ощутимый ущерб народному хозяйству республики. Для предотвращения этих отрицательных явлений необходимы глубокие исследования причин их возникновения. Сейчас широко используются водохранилища для регулирования стока, повышения пропускной способности русел рек, проводятся обвалование пойменных территорий.

Учитывая, что поймы рек являются естественными аккумуляторами половодного и паводкового стоков, сокращение их в резуль-

тате хозяйственного освоения должно компенсироваться водохранилищами. В районах периодических наводнений необходим широко регулируемый водосброс с автоматизированной системой управления и контролем гидрологической обстановки на значительные глубины и обширные территории всего бассейна.

Ограниченное использование поверхностных вод для коммунально-бытовых и производственных нужд обусловлено неравномерным распределением крупных рек и озер по территории Белоруссии, их подверженностью загрязнению, а также необходимостью предварительной очистки вод. Качество же воды для бытовых и производственных нужд стандартизировано. Так, ее свойства, кроме общеизвестных, строго регламентированы: физические — по цветности, запаху, прозрачности, температуре, вкусу и т. д.; химические — по содержанию растворенных и взвешенных примесей и микроэлементов; санитарно-биологические — по содержанию бактерий, спор и других биологических объектов.

Особую ценность для хозяйственно-питьевого обеспечения Белоруссии представляют подземные воды, залегающие на глубине до 500 м. Они характеризуются высокой стабильностью по химическому составу, степени чистоты, содержанию солей и другим примесям. Такие высокие параметры воды обеспечиваются за счет мощной защиты ее от внешних воздействий слоями геологических пород, которые одновременно выполняют функции фильтрующей, дозирующей и дезинфицирующей системы. Общие эксплуатационные ресурсы подземных вод республики оцениваются объемом 44,3 млн. м³/сут. Их распределение также неравномерно. Наиболее обеспечены подземными водами Минская, Витебская и Гродненская области. Насыщенность водоносных горизонтов в результате подвижности подземных вод не стабильна. В весенние месяцы она достигает максимума и снижается к концу лета и началу осени до минимума. Это необходимо учитывать при использовании верхних подземных вод для орошения с целью интенсификации сельскохозяйственного растениеводства, так как календарные периоды наибольшей насыщенности водоносных горизонтов и сроки максимальной интенсивности роста биомассы растений близко совпадают. В это же время пополнение поверхностных вод за счет атмосферных осадков зачастую сокращается до минимума, особенно в засушливые годы. Для социально-экономической оценки этого вывода было бы целесообразно разработать несколько научно обоснованных региональных программ и осуществить их реализацию, что позволило бы в перспективе ограничить влияние погодных факторов на объемы и уровень производства продовольственного сырья.

В 1980 г. в Белоруссии эксплуатируется около 35 тыс. скважин

с суммарным извлечением подземных вод более 2700 тыс. м³/сут при общем потреблении воды из всех источников 4389,7 тыс. м³/сут. В общем балансе хозяйственно-бытового и технического потребления подземные воды составляют сейчас около 70%.

Следует отметить, что техническое оснащение водозаборов проектируется и совершенствуется в одностороннем порядке и направлено в основном на повышение производительности добычи воды. В то же время слабо разрабатываются технические средства измерений, контроля и регулирования процессов восполнения потерь водоносных горизонтов, динамических и химических процессов между подземными и поверхностными водами. В практике для этих целей иногда применяются технические средства и методики, не всегда обеспечивающие современный уровень природоохранных требований.

Пресные подземные воды накапливаются в зонах дренирования речной сети и активной фильтрации других поверхностных источников. Устойчивое равновесие по их составу и объемам может обеспечиваться безусловным равенством годового баланса дренирования и фильтрации с эксплуатационным и естественным расходом. Уже сейчас потребление подземных вод на хозяйственно-бытовые нужды в республике достигло 10% от прогнозных эксплуатационных ресурсов. Тенденция увеличения их добычи в перспективе будет сохраняться.

Интенсивная хозяйственная деятельность в отдельных зонах республики начинает сказываться на водном балансе, его качестве и гидрологическом режиме. Отбор подземных вод без соответствующего их восполнения естественным или искусственным путем неизбежно ведет к коренному изменению установившихся гидрогеологических условий водоносных горизонтов. Об этом свидетельствуют обширные зоны депрессий в районах крупных городов, мелиоративных систем и гидротехнического строительства. Для предотвращения подобных последствий в отечественной и мировой практике применяются эффективные методы искусственного восполнения подземных вод, однако здесь еще имеется ряд нерешенных проблем, в частности недостаточно полно изучены стабильность режимов дренирования и фильтрации, обмен вод различных горизонтов, процессы проникновения солевых и загрязняющих компонентов.

На территории республики есть значительные запасы минеральных вод и рассолов. Они характеризуются разнообразием химического состава и различной степенью минерализации, которая зависит от осадочных и кристаллических пород, водоносных и сопредельных горизонтов. Слабоминерализованные воды отно-

сятся к низкотемпературным и используются для лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятий.

Высокоминерализованные рассолы относятся к среднетемпературным и залегают на глубинах в пределах 3000 м. Они являются сырьем для получения ряда редких элементов (брома, йода и др.), дефицитных солей и т. д. Теплосодержание этих вод позволяет попутно при их извлечении организовать парниково-тепличное производство для круглогодичного выращивания свежих овощей и других продовольственных культур. Так что целесообразность проведения поисковых разработок и опытных испытаний по комплексному использованию горячих рассолов несомненна.

Осуществлению этих целей должно предшествовать всестороннее изучение хозяйственных, экономических, экологических вопросов на многие годы вперед, чтобы избежать отрицательных последствий в природной среде.

Чрезвычайно актуальная и острая проблема современности — естественное и искусственное загрязнение поверхностных и подземных вод, а также необходимость их крупномасштабной очистки от этих загрязнений.

В настоящее время существует много методов высокоэффективной очистки природных и сточных вод, серийно выпускается оборудование для этих целей. К наиболее распространенным методам относятся: осветление; обесцвечивание с целью устранения мутности и цветности; обеззараживание путем хлорирования и озонирования, введения ионов серебра; обезжиривание; обессоливание и т. д. Для очистки загрязненных вод широко начали применяться биологические методы. Совершенствуются также физические и химические методы. Однако используемые способы и оборудование водоподготовки остаются дорогими и энергоемкими.

Разработка, проектирование и строительство гидротехнических сооружений и водохозяйственных систем должны обосновываться не столько экономической и территориальной целесообразностью, сколько продолжительностью обеспечения устойчивого равновесия природной среды, растительного и биологического комплекса. Как отмечалось в Отчетном докладе ЦК XXVIII съезду Компартии Белоруссии, «мы должны оставить потомкам не только индустриальные гиганты, но и ухоженные поля, чистый воздух, зеленый шум лесов, незамутненную ясность рек и озер» [3].

Таким образом, использование природных вод должно тесно увязываться с реальными возможностями их естественной и искусственной регенерации. В противном случае нарушится сложившееся и взаимообусловленное естественное равновесие, что повлечет нежелательные последствия для среды обитания вообще и для хозяйственной деятельности человека в частности.

Широкое применение синтетических веществ для технологических целей, сброс отходов и загрязненных вод в естественные водные бассейны необходимо теснейшим образом увязывать с перспективой их глобального рассеяния за счет круговорота воды в природе и ее переносной способности. Степень локализации загрязнения природных вод всегда должна рассматриваться с учетом времени регенеративных и трансмиссионных процессов.

Литература

1. Булавка А. Г. Водные ресурсы и человек.— Мн., 1976.
2. Шевченко М. А. Органические вещества в природной воде и методы их удаления.— Киев, 1966.
3. Материалы XXVIII съезда КПБ.— Мн., 1976, с. 19.

И. Д. БЕЛОГОРЦЕВ

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Водная система Полесья привлекала к себе внимание человека с древнейших времен. Стоянки первобытного человека периодов палеолита и неолита располагались по берегам Припяти, Щары, Сожа, Березины, среднего Днепра и их притоков. Со временем Полесье стало краем многочисленных городищ, располагавшихся преимущественно в местах слияния рек, а также на берегах рек и озер. Незначительное число городищ обнаружено среди заселенных и заболоченных мест.

Реки для жителей Полесья служили транспортными артериями. Однако единой водно-речной системы не было, реки были разобщены. Первой попыткой создания такой системы для целей навигации и сплава была прокладка двух больших каналов: Огинского и Днепро-Бугского (Королевского) в 60—80-х годах XVIII в.

С развитием капитализма возросло транспортное использование водно-речной системы, что способствовало усилению производственной взаимосвязи между полесскими городами, а также городу развитию промышленных предприятий.

Города Полесья, расположенные по берегам рек, быстро росли. Если в Гомеле, например, в 1861 г. было 17 тыс. жителей, то в 1910 г.— 96 тыс., в Пинске — соответственно 11,6 тыс. и 36,3 тыс.; в Бресте — 21 тыс. и 57 тыс. человек.

Неузнаваемо изменилось Полесье за годы Советской власти. Здесь проводится планомерное, научно обоснованное осушение и

освоение болот. Наибольший размах эта работа приобрела в послевоенные годы.

В 1947—1953 гг. Белгипроводхозом проведены проектно-исследовательские работы по составлению схемы осушения и освоения Полесской низменности. Наряду с вопросами мелиорации решались проблемы транспорта, улучшения режима водно-речной системы, размещения водохранилищ, использования гидроэнергетических ресурсов рек, оздоровления территории, размещения промышленности, расселения и развития сельскохозяйственного производства. Были поставлены вопросы реконструкции Днепро-Бугского канала, завершения работ по Днепро-Неманскому каналу в целях соединения водными путями Белоруссии с Балтийским и южными морями Советского Союза. Предусматривалось перспективное размещение производительных сил и расселение.

Хотя Белорусское Полесье является богатейшим природным регионом, результаты многочисленных исследований его природных ресурсов показывают, что для перспективного социального и экономического развития водных ресурсов здесь далеко недостаточно. Согласно разработанному в 70-х годах прогнозу с учетом сельскохозяйственного и промышленно-бытового потребления, судоходства, рыбного хозяйства и поддержания санитарного состояния рек, потребность в свежей воде в ближайшее время значительно увеличится. Естественные же ресурсы рек в год 95%-ной обеспеченности по стоку составляют без регулирования $2,2 \text{ км}^3$ в год, с регулированием— $3,4 \text{ км}^3$ в год. Если же принять меры по полному регулированию стока Припяти и ее притоков, использованию подземных вод преимущественно для городских и производственных нужд, а также обеспечить переброску стока из бассейна Немана, то водный баланс составит $9,4 \text{ км}^3$ в год. Это создаст положительный баланс водных ресурсов перспективного плана развития народного хозяйства, в том числе городского, поселкового и сельского хозяйства западной и центральной частей Белорусского Полесья. Восточная часть Полесья обеспечивается естественным стоком среднего Днепра и его притоков, а также запасами подземных вод. В последующем возможно частичное использование водных запасов Минско-Вилейской системы.

Создание рациональной системы регулирования водоснабжения позволит активизировать урбанизацию индустриального развития Полесья, поднять потенциал растениеводства и животноводства и обеспечить сохранение природного ландшафта.

Здесь построен ряд крупных электростанций. Со вступлением в число действующих Василевичской ГРЭС (1956 г.) ускорилась индустриализация восточной части Полесья, где были сосредоточены значительные трудовые ресурсы: расширяется промышлен-

ный потенциал Гомеля, на базе малого поселка Шатилки растет индустриальный город Светлогорск, расположенный на берегу Березины, активно набирает темпы Мозырь. Строительство в 1958 г. Березовской ГРЭС создало предпосылки для быстрого промышленного развития западной части Полесья. На землях Брестчины воздвигаются новые промышленные комплексы.

Водно-речная система Белорусского Полесья в сочетании с железнодорожными путями и автомагистралями обеспечивает быстрое развитие не только крупных городов, но и создает условия для размещения новых производств в малых и средних городах и поселках. Крупные портовые сооружения играют важную роль в развитии Гомеля, Пинска, Бреста. Растут промышленные предприятия в ряде городов, расположенных по Припяти, Березине.

Регулирование водно-речной системы Полесья, устройство многочисленных водохранилищ и других мелиоративных объектов позволили создать на Полесской низменности ряд новых государственных хозяйств. Построенные по архитектурным проектам центральные усадьбы госхозов — это поселки с городским уровнем комфорта и культурно-бытового обслуживания.

Многие города, районные центры и сельские населенные пункты пользуются артезианскими водами, хотя в большинстве своем они расположены на берегах рек и озер. В городах и поселках, где нет естественных источников воды или они незначительны, создаются водохранилища.

Реконструкция водно-речной системы явилась одной из основ быстрой урбанизации региона. Если в 1970 г. на территории Белорусского Полесья было 29 городов, 37 городских и рабочих поселков, то в 1979 г. здесь насчитывается 40 городов и 26 городских и рабочих поселков. За короткий срок 11 поселков городского типа получили статус городов.

Разработанные в послевоенные годы генеральные планы городов, райцентров и перспективных сел предусматривают выход планировочной структуры к водоему, обеспечивают связь центра города или села с рекой, озером или водохранилищем. Кроме того, разработаны меры облагораживания земель, ежегодно заливаемых весенними и осенними паводками, путем намыва речного грунта. Эти участки пригодны даже для строительства.

Важная задача современного градостроительства — сохранение естественного режима рек и озер, создание на их базе мест отдыха, строительство санаториев, пансионатов и детских лагерей. Города Белорусского Полесья развиваются с учетом природного ландшафта рек, естественных потенциальных возможностей. Новые агропромышленные комплексы преимущественно размещаются также у водных источников. В проектных предложениях пре-

дусматривается перспективное приближение водных источников и создание водохранилищ у промышленных центров, не имеющих природных водных источников (Лунинец, Микашевичи и др.).

К сожалению, в последних схемах комплексного преобразования Полесской низменности недостаточно внимания уделено вопросам индустриального развития региона, градостроительству, строительству сел и агропромышленных комплексов. Не случайно на второй сессии Верховного Совета СССР десятого созыва (ноябрь 1979 г.) в речи депутата Е. Е. Соколова справедливо подняты вопросы углубления комплексных научно-исследовательских изучений социальных экономических и природных проблем Полесья. По нашему мнению, актуальным стал вопрос размещения здесь отделения Академии наук БССР по изучению природных ресурсов Полесья для определения перспектив социального, экономического и экологического развития региона.

С. И. ЛОМОВЦЕВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАПИТАЛЬНЫХ ВЛОЖЕНИЙ В МЕЛИОРАЦИЮ ЗЕМЕЛЬ: СУЩНОСТЬ, КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Методика определения эффективности капитальных вложений в мелиорацию базируется на общих принципах расчета эффективности капитальных вложений в народное хозяйство. Но здесь имеются и существенные особенности. При определении эффективности капитальных вложений в сельское хозяйство ограничиваются, как правило, сопоставлением эффекта — прироста валового продукта, валового и чистого дохода — с обусловившими их капитальными вложениями. Но при обосновании крупных народнохозяйственных программ (освоение целины в Казахстане, мелиорация земель Полесья, нечерноземной зоны) судить об эффективности капитальных вложений только по стоимостным показателям в денежной форме недостаточно из-за несовершенства системы планового ценообразования.

Установление же стоимостных соотношений капитальных вложений и получаемого экономического эффекта чрезвычайно важно. Государству безразлично, во что обходится и какой ценой достигается выполнение той или иной социально-экономической программы, так как источником капитальных вложений является

известная величина национального дохода. Она на каждом определенном этапе ограничена, поэтому строить и жить надо по средствам. Более того, экономия общественного труда обеспечивает ускорение развития общественного производства, повышение его эффективности в интересах роста благосостояния советского народа.

Капитальные вложения в мелиорацию позволяют получить дополнительную продукцию в натуральной форме, повысить производительность труда. Полученная в результате этого экономия живого и овеществленного труда ведет к увеличению эффекта на единицу капитальных вложений, к росту эффективности сельскохозяйственного производства.

В мелиоративном земледелии, как и в любых иных условиях, с непреложной объективностью развития природы действуют общезвестные законы минимума и оптимума факторов жизни растений, закон совокупного действия факторов, формирующих урожай. Согласно этим законам, урожай сельскохозяйственных культур формируется под воздействием комплекса взаимосвязанных природных и экономических факторов, поэтому конечный экономический эффект в мелиоративном земледелии будет максимальным в том случае, когда эти факторы находятся в оптимальных соотношениях.

Эффективность капитальных вложений в мелиорацию можно определить только через эффект, получаемый в мелиоративном земледелии и во всем сельскохозяйственном производстве на мелиорированных землях. Что касается доли общего экономического эффекта, которая должна быть отнесена на счет капитальных вложений в мелиорацию, то, на наш взгляд, она может быть определена исходя из принципа равной эффективности всех производственных затрат, связанных с выполнением различных сельскохозяйственных мероприятий.

Нет аргументов утверждать, что капитальные вложения на ирригационно-мелиоративное строительство эффективнее капитальных вложений на повышение фондооснащенности и увеличение доз минеральных удобрений в расчете на 1 га мелиорированных земель. Практика хозяйств Брестского Полесья убедительно свидетельствует, что затраты на такое строительство при низкой фондооснащенности и малых дозах внесения минеральных удобрений в расчете на 1 га земли малоэффективны. Поэтому попытка некоторых экономистов вычленить эффект мелиорации из общего экономического эффекта в «чистом» виде и определить «чистую» эффективность капитальных вложений в мелиорацию вне учета комплекса конкретных природных и экономических условий (факторов), конечных результатов мелиоративного земле-

деля и всего сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях является, на наш взгляд, теоретически необоснованной. Решение данной проблемы возможно только на основе признания равной эффективности всех видов производственных затрат. Поэтому к мелиорации надо относить только часть общего эффекта, обусловленного соответствующей долей капитальных вложений в мелиорацию в общем объеме производственных затрат.

Такой подход к определению эффективности капитальных вложений в мелиорацию предполагает использование системы экономических показателей для исчисления и оценки уровня, выявления факторов и резервов ее повышения. Однако данная система с неизбежностью порождает ее внутреннюю противоречивость. Нередко те или иные мероприятия (по сравнению с другими) по одним показателям, входящим в эту систему, являются более эффективными, а по другим — менее эффективными. В связи с этим возникает необходимость выбора единого, всеобщего критерия эффективности мелиораций.

В качестве всеобщего критерия эффективности капитальных вложений в мелиорацию ряд советских экономистов предлагает использовать показатели прибыли, рентабельности, себестоимости. Нам представляется, что этот критерий следует более тесно увязать с целью социалистического производства — все более полным удовлетворением растущих материальных и культурных потребностей народа путем непрерывного развития и совершенствования общественного производства [1]. Как отмечалось на XXV съезде КПСС, «это — цель наших планов и в то же время важная предпосылка дальнейшего роста производства, его эффективности» [2].

В качестве единого, всеобщего критерия эффективности капитальных вложений в мелиорацию земель может быть, на наш взгляд, использован принцип, сформулированный в Программе КПСС: «Достижение в интересах общества наибольших результатов при наименьших затратах — таков непреложный закон хозяйственного строительства» [1]. Конечно, наряду с общим критерием, выражающим качественную определенность эффективности, следует использовать и частные критерии (показатели), выражающие и количественную определенность эффективности капитальных вложений в мелиорацию земель.

Главным показателем (критерием) в системе экономических показателей эффективности капитальных вложений в мелиорацию и освоение новых земель следует признать прирост валового дохода в расчете на 1 га пашни и всех сельхозугодий. В нем отражается как повышение плодородия почвы под воздействием про-

веденных мелиораций, так и достигнутая экономия затрат общественного труда и материальных средств на единицу дополнительной продукции, произведенной в мелиоративном земледелии и во всем сельскохозяйственном производстве.

На наш взгляд, глубокую и всестороннюю оценку абсолютной экономической эффективности капитальных вложений в ирригационно-мелиоративное строительство, мелиоративное земледелие и сельскохозяйственное производство в целом могут давать следующие системообразующие взаимосвязанные показатели.

1. Эффективность использования земли. Данный показатель характеризует выход валовой продукции, валового и чистого дохода с 1 га сопоставимых по качеству пашни и всех сельхозугодий: урожайность культур; выход кормовых единиц с 1 га сопоставимой по качеству условной пашни.

2. Производительность живого труда — показатель, отражающий валовой доход в расчете на среднегодового работника и на человеко-день, человеко-час; затраты живого труда в человеко-днях, человеко-часах на 1 ц производимой продукции.

3. Эффективность использования производственных фондов и капитальных вложений — показатель выхода валовой и чистой продукции (фондоотдача) и чистого дохода (фондорентабельность) в расчете на 100 руб. среднегодовой стоимости основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств, а также в расчете на 100 руб. капитальных вложений; сроки окупаемости.

4. Эффективность совокупных производственных затрат — характеризует выход валовой продукции (коэффициент окупаемости), валового и чистого дохода (коэффициент доходности) в расчете на 100 руб. производственных затрат; себестоимость 1 ц продукции.

5. Рентабельность — отражает норму рентабельности, определяемую как отношение чистого дохода (прибыли) к среднегодовой стоимости основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств.

Эта система обобщающих показателей позволяет экономически достоверно оценивать эффективность капитальных вложений в мелиорацию, состояние и результаты мелиоративного земледелия, всего сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях. Она дает возможность выявлять наиболее рациональные, высокоэффективные направления, пути и методы использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов для достижения наибольших результатов при наименьших затратах.

Литература

1. Программа Коммунистической партии Советского Союза.— М., 1976, с. 15, 86.
2. Материалы XXV съезда КПСС.— М., 1976, с. 123.

П. В. ШВЕДОВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Рациональное использование водных ресурсов в Полесье становится все более актуальным, так как водохозяйственные мероприятия уже сейчас значительно повлияли на сток рек и режим подземных вод.

Согласно данным перспективной схемы использования земельных и водных ресурсов [1], естественный меженный сток (при $P=75$ и 90%) не обеспечивает потребности в воде на увлажнение сельскохозяйственных культур. В этом регионе более 100 тыс. га земель требуют увлажнения, а 58 тыс. га — орошения. Однако отсутствие гарантированных водоисточников и большие затраты на переброску стока пока не позволяют удовлетворить эту потребность сельского хозяйства.

К сожалению, большинство ученых не всегда принимают это во внимание, не учитывают влияние мелиорации на результаты сельскохозяйственного производства, о чем свидетельствует анализ исследований экономической эффективности мелиоративных мероприятий и использования водных ресурсов [2, 3, 4].

Влияния же мелиорации на результаты использования прилегающих территорий могут быть как отрицательными, так и положительными — в зависимости от почв и растительности [5]. Там, где прилегающие территории представляют собой песчаные и супесчаные почвы с признаками временного избыточного, а иногда и нормального увлажнения, мелиоративные мероприятия зачастую вызывают глубокое понижение уровня грунтовых вод (УГВ), что приводит к резкому снижению продуктивности почв.

Пока не существует приемлемых научно обоснованных нормативов для прямого определения увеличения или уменьшения общего экономического эффекта, что усложняет расчеты эффекта или ущерба, полученных при мелиорации.

Точность и возможность получения показателей эффективности использования земель всецело предопределяются наличием исходных данных. Однако учет продукции и затрат на ее получение в большинстве хозяйств (82%) данного региона ведется неудовлетворительно, а отдельный учет этих показателей по мелиорируемым и немелиорируемым угодьям практически отсутствует.

Все это обусловило необходимость оперировать в наших исследованиях показателями урожайности, валового сбора продукции с учетом ее ценности и сравнительного группировочного анализа. Ставилась задача — выявить, как мелиорация влияет на эффективность земель, прилегающих к мелиорированным массивам. Для этого брались хозяйства, где есть такие массивы, и хозяйства, где мелиорированных массивов нет. Конечно, все хозяйства имели примерно равные производственные условия.

Анализ имеющихся данных позволил сделать следующие выводы: на уровень экономической эффективности земледелия влияют фондооснащенность, уровень затрат на минеральные удобрения, структура посевов и удельный вес мелиорируемых земель; для расчетных (1962—1968 и 1969—1977 гг.) периодов не наблюдается стабильного роста производства валовой и товарной продукции, валового и чистого доходов; незначительный рост средних показателей деятельности групп хозяйств (с наличием мелиорируемых земель и при отсутствии их) — по валовой продукции на 6,0%, валовому доходу на 12 и чистому доходу на 18% — не может объясняться только стечением климатических условий.

Необходимо также отметить несоответствие фактической продуктивности сельскохозяйственных угодий проектной (в 1,2—1,6 раза и более).

Такое положение объясняется нерациональным использованием водного режима на прилегающих территориях. Следовательно, необходимо отыскивать пути восполнения недостающих влагозапасов или изменения сложившегося направления их использования. Для этого нужны расчеты гидрологического режима территории.

В соответствии с исследованиями В. Ф. Шебеко [6] и техническими указаниями нами проведены расчеты на обеспеченность по осадкам ($P_{ос} = 10, 50$ и 90%). Данный уровень соответствует обеспеченности испарения ($P_{исп} = 75, 50$ и 30%). В качестве расчетных приняты 1975, 1980 гг.

Оценка степени обеспеченности влагой корнеобитаемого слоя, т. е. создание оптимального водно-воздушного режима, определялась по уравнению водного баланса

$$\pm \Delta q = W + П + O_{эф} - E_{ср}, \quad (1)$$

где $\pm \Delta q$ — избыток (недостаток) влаги, мм; W — продуктивные запасы влаги в расчетном (корнеобитаемом) слое, мм; Π — количество влаги от капиллярного подпитывания, мм; $O_{эф}$ — эффективные осадки (количество влаги, идущее на пополнение влагозапасов за расчетный период), мм; $E_{ср}$ — испарение с территории, мм.

Величины W , Π , $O_{эф}$, $E_{ср}$ определяли как средневзвешенные с территории по методике В. Ф. Шебеко [7] и А. М. Романенко [2]. Структура посевных площадей и их трансформация на расчетные периоды приняты по перспективной схеме использования земельных ресурсов [1].

Тогда недостаток влаги ($-\Delta Q$) для поддержания оптимального режима, который необходимо восполнить, или ее избыток ($+\Delta Q$), идущий на поверхностный сток и инфильтрацию в зону аэрации на исследуемой территории, определяется зависимостью

$$\pm \Delta Q = 10 \sum_{i=1}^n (\pm \Delta q_i) F_i. \quad (2)$$

Сравнивая величину избытка или недостатка влаги ($\pm \Delta Q$) с различной степенью мелиорирования, можно судить об эффективности и рациональном использовании водных ресурсов.

Гидрологический режим территории водосбора Западного Буга проанализирован в табл. 1. Безусловно, эти данные нуждаются в уточнении, так как расчетные величины носят условный (за счет усреднения) характер. Однако они дают достаточно полное представление о влагообеспеченности земель в расчетные периоды в зависимости от их трансформации.

Величина потерь воды в результате испарения определена по картам изолиний расчетного испарения по Белорусской ССР. Она принята равной 201 мм для года с обеспеченностью 50% и 418 мм с обеспеченностью 90% (распределением по месяцам: IV месяц —

Таблица 1

Анализ данных по гидрологическому режиму территории водосбора Западного Буга, млн. м³

Год	На минеральных землях						На болотах и заболоченных землях					
	P _{ос} =10%		P _{ос} =50%		P _{ос} =90%		P _{ос} =10%		P _{ос} =50%		P _{ос} =90%	
	-ΔQ	+ΔQ	-ΔQ	+ΔQ	-ΔQ	+ΔQ	-ΔQ	+ΔQ	-ΔQ	+ΔQ	-ΔQ	+ΔQ
1967	0	520,316	29,903	120,020	320,843	19,079	0	613,592	0	215,523	290,340	59,741
1975	0	517,764	51,273	108,170	382,543	0	0	569,684	0	168,421	354,762	44,489
1980	0	508,322	52,126	88,273	396,171	0	0	561,830	0	179,643	362,912	48,102

0 и 4; V — 40 и 54; VI — 66 и 80; VII — 55 и 105; VIII — 81 и 92; IX — 23 и 50; X — 26 и 33 мм соответственно уровню обеспеченности). Величина фильтрации воды составляет 2,5 мм/сут, потребность в воде рыбоводческих хозяйств — 122,6 млн. м³.

Исследования показывают, что до коренных мелиоративных мероприятий недостаток влаги несколько меньше ($-\Delta Q = 542,857$ млн. м³), чем после их проведения. Например, в 1975 г. он был равен 696, 714 млн. м³; в 1980 г. — 708,103 млн. м³ при 90% обеспеченности по осадкам. При обеспеченности 10 и 50% отмечался избыток влаги, который составлял в 1975 г. 1133,908 и 309,765 млн. м³ соответственно обеспеченности, а в 1980 г. — 1087,444 и 212,656 млн. м³.

Наличные запасы в корнеобитаемом слое, эффективные осадки и подпитывание с уровня грунтовых вод (при P, равном 10 и 50%) полностью обеспечивали водопотребление для болот и заболоченных земель, а для минеральных дефицит влаги составлял (при P, равном 50%) 51,263 млн. м³ в 1975 г. и 52,123 млн. м³ в 1980 г., что соответствует в среднем 121,03 и 126,82 м³/га. За счет избытка влаги (в 1975 г. — 277,316 млн., в 1980 г. — 392,624 млн. м³) при обеспеченности 50% происходила инфильтрация, пополнялись поверхностный и подземный стоки. При обеспеченности по осадкам 90% дефицит влаги на минеральных землях составил в среднем на 1 га в 1975 г. 600, а в 1980 г. — 760 м³, на болотах и заболоченных землях — 420 и 600 м³ соответственно.

Минеральные земли имели избыток влаги только в 1967 г. ($+\Delta Q = 19,079$ млн. м³). На болотах и заболоченных землях наблюдалось незначительное снижение избытка влаги (в 1975 г. — 59,741 млн., в 1980 г. — 44,489 млн. м³), обусловленное сохранением гидрологического режима лесных массивов, в частности Беловежской пуши.

Обосновывая необходимость дополнительного зарегулирования водных ресурсов в объеме около 300 млн. м³, мы провели экономические расчеты. Ущерб в сельском хозяйстве от снижения влагозапасов в корнеобитаемом слое в расчете на 100 га сельхозугодий составит в производстве валовой продукции около 2,86 тыс., товарной — примерно 2,24 тыс. руб., что соответствует 1,48 тыс. по валовому и 0,79 тыс. руб. по чистому доходам.

По экономическим расчетам, зарегулирование недостающих водных ресурсов в объеме 300 млн. м³ позволит получить дополнительно 39,8 млн. валового и 20,3 млн. руб. чистого доходов.

Используя методику А. М. Романенко [2] и рекомендации проектных институтов (Белгипроводхоз и Союзгипромелиоводхоз) по определению необходимых дополнительных капитальных вложений на создание оптимального водно-воздушного режима в дея-

тельном слое почвы, мы приняли капитальные затраты в размере 1200 руб. на 1 га. Это даст возможность получить 120,4 руб. с 1 га дополнительного чистого дохода при сроке окупаемости 8,5 года ($\epsilon=0,12$). Себестоимость валовой продукции не должна превышать 202 руб., что определяет производство необходимой валовой продукции стоимостью 322,4 руб/га. Достичь эти показатели можно, возделывая технические и овощные культуры, ягодники и сады, а также зерновые культуры (конечно, при наличии передовой агротехники и соответствующего уровня фондооснащенности структуры посевов). На болотах и заболоченных землях проведение мероприятий по дополнительному увлажнению еще более эффективно.

К решению данной проблемы необходимо подходить дифференцированно, с учетом особенностей определенных групп хозяйств. При несоответствии материальной базы хозяйств вышеуказанным требованиям можно допустить временное снижение плодородия (в связи с уменьшением влагозапасов), компенсируя ущерб на других землях, или вообще изменить направление использования этих земель.

Литература

1. Схема комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов в бассейне р. Западный Буг (Белорусская ССР). Белгипроводхоз.— Мн.— Пинск, 1969.

2. Романенко А. М. К вопросу использования водных и земельных ресурсов Полесской низменности.— В кн.: Водные ресурсы и их использование. Мн., 1970.

3. Талалуев В. Г. Причины, влияющие на снижение эффективности водохозяйственных мероприятий в пойме р. Лошь.— В кн.: Проблемы использования и охраны водных ресурсов. Мн., 1972.

4. Эффективность мелиорации и сельскохозяйственного производства на осушенных землях.— Мн., 1972.

5. Шведовский П. В. Исследование влияния мелиорации на водный режим смежных территорий в юго-западной части Белорусского Полесья и его прогноз. Автореф. канд. дис.— Мн., 1974.

6. Шебеко В. Ф. Гидрологический режим осушаемых территорий.— Мн., 1970.

7. Шебеко В. Ф. Методические указания по гидрологическим расчетам при проектировании осушительно-увлажнительных систем Полесья.— Мн., 1972.

Л. В. БОГДАНОВА, Б. А. МИТИН

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЗЕРНИСТО-НАМЫВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Одним из загрязнителей стоков являются нефтепродукты. На их долю приходится от 35 до 63% загрязнений. Нормативные же показатели для водоемов очень низки и технически трудно до-

стижимы. Естественно, что внимание специалистов в этом случае привлекают сорбционные методы доочистки. Все чаще применяются сорберы и фильтры с активированным углем. Высокая стоимость этого дефицитного сорбента и сложность регенерации в условиях очистки сточных вод сдерживают его широкое использование.

Между тем существуют тонкодисперсные дешевые сорбенты, например отходы вспученного вермикулита, которые обладают достаточной сорбционной емкостью по отношению к органическим загрязнителям стоков машиностроения. Однако их использование в обычных аппаратах как со взвешенным слоем, так и с фильтрующим невозможно. Применение этого сорбента для доочистки малоконцентрированных сточных вод требует использования такого технологического оборудования, которое позволило бы максимально использовать сорбционный резерв материала при минимальном его расходе. Ведущее место в сорбционном процессе на вермикулите занимает внешняя диффузия. Иными словами, чем выше дисперсность сорбента, тем экономичнее его использование. Сорбент, нанесенный на твердую основу слоем минимальной толщины, отвечает этому условию.

Разновидностью подложки с развитой удельной поверхностью является зернистая среда, например из гранулированного доменного шлака (ГДШ). Сформированный таким образом зернистый слой в аппарате-сорбере назван «зернисто-намывным фильтром».

Этот аппарат может быть использован в корпусе обычного скорого фильтра, а процесс сорбции при определенных условиях совмещен с механическим фильтрованием. Удаление отработанного сорбционного материала следует осуществлять в процессе обратной промывки загрузки фильтра. Дешевый сорбент вместе с осадком промывных вод смешивается с осадком из отстойников или флотаторов и существенно интенсифицирует процессы их обезвоживания.

Применение дешевых сорбентов для доочистки не только приемлемо в технологическом отношении, но экономически выгодно.

Разработка конструкции зернисто-намывного фильтра и технологии намыва сорбента осуществлена в Челябинском отделе ВНИИ ВОДГЕО и на кафедре канализации Брестского инженерно-строительного института.

Исследование намывного слоя сорбента в толще фильтра из ГДШ применительно к стокам машиностроительного завода проведено с использованием статистическо-математических методов. Как показывает анализ данных табл. 1, эффект очистки в значительной мере зависит от скорости фильтрования и исходной кон-

центрации нефтепродуктов, а длительность фильтроцикла — от всех трех варьируемых факторов.

В основном повышение уровня варьируемых величин снижает значение откликов.

Вместе с тем удалось установить эксплуатационный оптимум: а) удельный расход сорбента — 3—6 г/дм³; б) исходная концентрация нефтепродуктов — до 3 мг/л; в) скорость фильтрования — 6—8 м/ч.

Таблица 1

Результаты работы экспериментального зернисто-намывного фильтра

Варьируемые факторы и уровни	Отклики		
	a_1	a_2	a_3
Удельный расход сорбента, г/дм ³	2,7	6,1	16,2
Концентрация нефтепродуктов в фильтрате, мг/л	0,51	0,34	0,39
Эффект очистки, %	95,80	97,00	96,20
Длительность фильтрации, ч	38,67	21,25	26,67
Исходная концентрация нефтепродуктов, мг/л	3,0	9,5	14,0
Концентрация нефтепродуктов в фильтрате, мг/л	—	0,66	0,59
Эффект очистки, %	100	93,15	95,65
Длительность фильтрации, ч	33,8	29,90	22,80
Скорость фильтрования, м/ч	4,5	8,2	13,0
Концентрация нефтепродуктов в фильтрате, мг/л	0,34	0,33	0,59
Эффект очистки, %	96,70	96,90	25,20
Длительность фильтрации, ч	44,17	29,17	13,25

Исследования показали, что создание зернисто-намывного слоя — задача разрешимая. Выбранный вид конструкции сорбционного фильтра характеризуется особым способом использования мелкодисперсного сорбента на зернистой подложке. Выяснено, что фильтрующей средой при этом может быть гранулированный доменный шлак крупностью 3,0—2,5 мм. Наилучшие условия для намыва сорбента создаются при взвешивании слоя загрузки в восходящем потоке жидкости. Подача в зернистую среду суспензии сорбента производится с помощью водоструйного насоса через специальную трубчатую дренажную систему с неравномерным шагом отверстий*.

* Авторское свидетельство № 632379 от 21 июля 1978 г.

Расчет эжектора проведен по методике Е. Ф. Ложкова. Количество намытого сорбента оценивали величиной удельного насыщения порового пространства (Δm), выраженного отношением объема сорбента к объему пор. Скорость намыва (V_n) показывала отношение объема сорбента к времени намыва. Учитывались концентрация сорбента в суспензии (C_c , г/л), активный расход потока (Q_a) и расход промывной воды ($O_{пр}$). Эксперименты на модели фильтра для исследования условий намыва сорбента проводили по полному основному и дополнительному планам. Эти эксперименты позволили сделать ряд технологических выводов относительно режимов подачи вспомогательных потоков в фильтр для осуществления намыва максимального сорбента и подготовиться к производственному эксперименту.

Производственные испытания предложенного метода доочистки проводили на установке, размещенной на очистных сооружениях Челябинского тракторного завода (рис. 1). Стоки на доочистку

поступали после нейтрализации, отстаивания и фильтрования. Опытный фильтр был загружен гранулированным доменным шлаком с зернами 2,5—3,0 мм, высота слоя 610 мм. В качестве сорбента использовали классифицированный (0,3—0,6 мм) обожженный вермикулит Потанинского месторождения. Скорость фильтрования

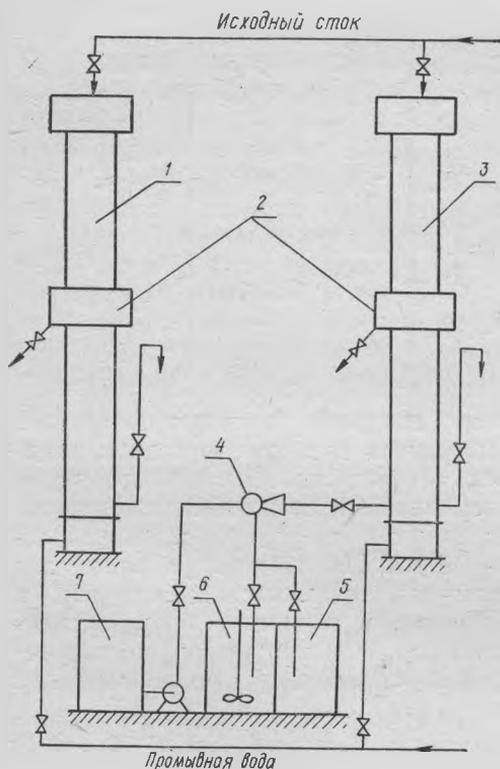


Рис. 1. Схема опытно-промышленной фильтровальной установки: 1 — модель скорого фильтра; 2 — устройство для низкого отвода промывной воды; 3 — модель зернисто-намывного фильтра; 4 — эжектор для намыва сорбента; 5 — бак чистой воды для «режимного» патрубка; 6 — бак приготовления суспензии сорбента; 7 — вода для разбавления суспензии сорбента

6 м/ч. Концентрацию нефтепродуктов в исходной воде и фильтрате (C_{ϕ}) контролировали по веществам, экстрагируемым четыреххлористым углеродом.

Параллельно с опытным фильтром на тех же параметрах работал контрольный фильтр без намыва сорбента. Длительность фильтроцикла ($T_{\text{в}}$) определяли по времени защитного действия загрузки.

Для серии опытов с исходной концентрацией нефтепродуктов ($C_0=3,1-3,5$ мг/л) $T_{\text{в}}$ и C_{ϕ} зависели от величины удельного насыщения порового пространства сорбентом.

При $\Delta m = 1,8\%$ $T_{\text{в}} = 10$ ч, $C_{\phi} = 1,7$ мг/л;

$\Delta m = 2,5\%$ $T_{\text{в}} = 12$ ч, $C_{\phi} = 1,2$ мг/л;

$\Delta m = 3,1\%$ $T_{\text{в}} = 24$ ч, $C_{\phi} = 0,4$ мг/л.

На контрольном $T_{\text{в}}$ менее 8 ч, C_{ϕ} — около 2 мг/л.

Повышение скорости фильтрования до 10 м/ч снижало на 30% глубину очистки и длительность фильтроцикла, но на 40% повышало производительность фильтра.

Разработанное устройство для доочистки по сравнению с традиционными угольными фильтрами обеспечивает экономию по удельным приведенным расходам на 80%.

Результаты проведенных исследований дают основание рекомендовать параметры производственного фильтра, схему его обвязки и вспомогательные устройства для подготовки и намыва сорбента: высота фильтрующего слоя из ГДШ с зернами 2,5—3,0 мм — 800 мм, скорость фильтрования — 6—8 м/ч, промывка — водно-воздушная, отвод промывной воды — низкий. Годовой расход вермикулита при этих параметрах около 20% от объема фильтрующего слоя.

Л. Д. СУББОТКИН, В. Ю. БАКАНОВ, В. Ф. ЩЕРБАК

ОЧИСТКА ЖИРОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЯСОКОМБИНАТОВ

Производственные сточные воды мясокомбинатов относятся к категории высококонцентрированных. Они отличаются резким колебанием содержания загрязняющих компонентов. В них попадают белково-жировые примеси (БЖП): ткань животных, жир-сырец, топленый жир, мясокостные опилки, сгустки крови, шлам

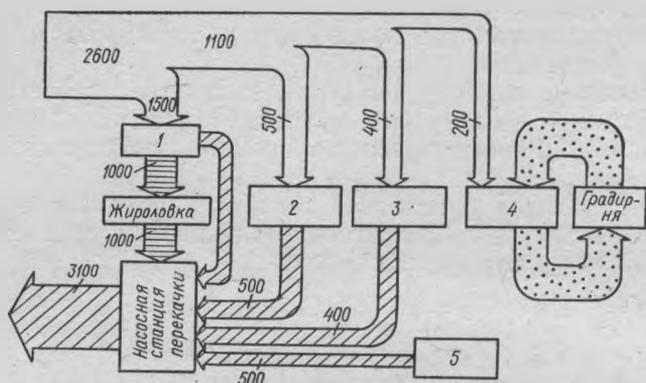


Рис. 1. Балансовая схема водного хозяйства Брестского мясокомбината: 1 — мясорезной и колбасный цехи; 2 — база предубойного содержания скота; 3 — вспомогательные цехи; 4 — компрессорная; 5 — база Белмясомолторга

и т. д., которые подвержены быстрому загниванию (на открытом воздухе — через 24 ч, в сточной воде — через 72 ч).

Жир, содержащийся в БЖП, отлагаясь на стенках трубопроводов, нарушает работу канализационной сети и, являясь трудно-смываемым веществом, может нарушить нормальную работу биологических очистных сооружений. Поэтому своевременное извлечение и утилизация БЖП имеют не только экономическое, но и санитарно-гигиеническое значение.

На Брестском мясокомбинате, например, образуются четыре вида производственных сточных вод: загрязненные жирные; загрязненные нежирные — каньго- и навозосодержащие; инфицированные; условно-чистые.

Очистка загрязненных производственных сточных вод в настоящее время осуществляется в основном в жириловках отстойного типа конструкции «Гипромясо». Сбор и утилизация всплывших БЖП осуществляются с помощью несложных механизмов.

Загрязненные жирные сточные воды после очистки в цеховых жириловках поступают в общезаводскую жириловку, где также проходят очистку и затем отводятся через станцию перекачки вместе с хозяйственно-бытовыми и предварительно очищенными загрязненными нежирными сточными водами в городскую канализационную сеть.

Балансовая схема водного хозяйства Брестского мясокомбината приведена на рис. 1.

С точки зрения утилизации полезных веществ наибольший интерес представляют производственные жирные сточные воды.

Суточное их количество на Брестском мясокомбинате равно 1000 м³. Содержание взвешенных веществ в этих водах составляет в среднем 4500 мг/л; жира — 2400; БПК₅ — 2700 мг/л.

Исследованиями установлено, что жироловка обеспечивает эффект очистки сточных вод по взвешенным веществам и жиру в пределах 30—50%, по БПК₅ — до 30%. Для повышения эффективности очистки, максимального извлечения и утилизации БЖП Брестский инженерно-строительный институт совместно с Брестским мясокомбинатом и ВНИИМП разработали технологическую схему очистки сточных вод и утилизации БЖП (рис. 2). По данной схеме сточные воды, пройдя решетку, поступают в приемную камеру, из которой при помощи центробежного насоса подаются в напорный гидроциклон для выделения грубодисперсных минеральных примесей. Далее сточные воды под остаточным давлением поступают в гидроциклон-флотатор, где извлекается БЖП. Для интенсификации процесса очистки предусматривается применение минеральных коагулянтов.

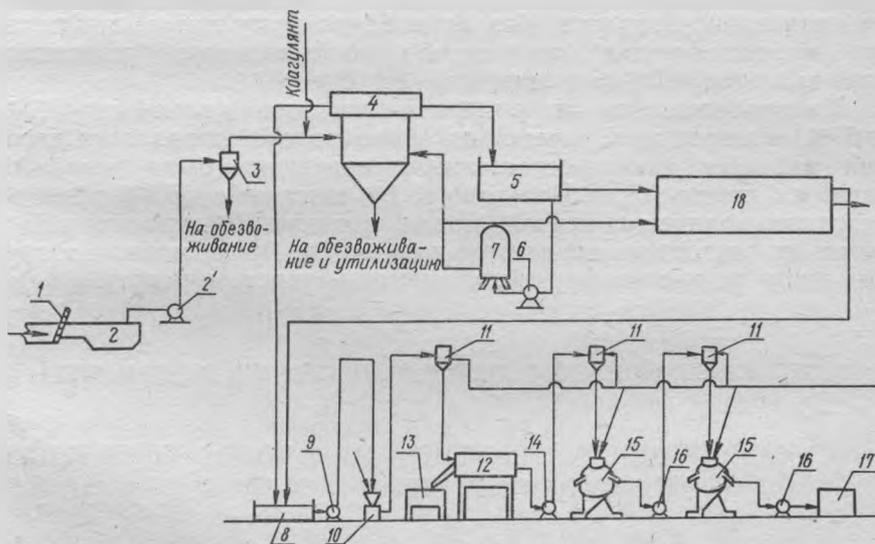


Рис. 2. Технологическая схема очистки сточных вод и утилизация белково-жировых примесей: 1 — решетка; 2 — приемная камера; 2' — центробежный насос; 3 — напорный гидроциклон; 4 — гидроциклон-флотатор; 5 — промежуточная емкость для осветления сточной жидкости; 6 — водокольцевой насос; 7 — рессивер; 8 — емкость для сбора флотационного концентрата; 9 — шестеренчатый насос; 10 — АВЖ; 11 — напорный бак; 12 — центрифуга; 13 — емкость для сбора шквары; 14 — АВЖ; 15 — сепаратор; 16 — АВЖ; 17 — емкость сбора конечного продукта; 18 — аэрируемая жироловка

Из гидроциклона-флотатора сточные воды поступают в аэрируемую жироловку и из нее отводятся в городскую канализационную сеть. БЖП, извлеченные в гидроциклоне-флотаторе и в аэрируемой жироловке, подаются на линию АВЖ (автоматический выплавитель жира). Здесь БЖП перерабатывают и получают технический жир и шквары.

На Брестском мясокомбинате смонтирована и испытана опытно-производственная установка по рекомендуемой технологии. Производительность установки 5—8 м³ воды в час. Сточные воды, пройдя жироловку, забираются центробежным насосом марки ФГ-144/105 и подаются в напорный гидроциклон ГН-150. Отсюда под остаточным напором они поступают в гидроциклон-флотатор (диаметр 1 м) и после очистки отводятся в существующую жироловку.

БЖП, извлеченные в гидроциклоне-флотаторе, поступают на линию АВЖ, в состав которой входят машины АВЖ-245 и АВЖ-130, центрифуги ОГШ-321, К-5 и сепараторы РТ-ОМ-46.

Предварительные опытно-производственные испытания экспериментальной установки (без применения коагулянтов) показали, что эффект очистки сточных вод по взвешенным веществам составил около 60%, а по жирам — от 60 до 90%.

Пенная масса из гидроциклона-флотатора (влажность 60÷÷67%) и жиромасса, взятая из общезаводской жироловки, которая работает как самостоятельное сооружение, были переработаны на линии АВЖ. Получено 13,1% шквары и 10,5% жира от исходного количества пенной массы, а также 16% шквары и 15% жира от исходного количества жиромассы. Выработанные теплые жиры по кислотному числу отнесены к третьему сорту.

В. Е. ВАЛУЕВ, Ю. В. СТЕФАНЕНКО, Н. Н. ВОДЧИЦ, В. Н. МАРЧУК

ТЕПЛОБЕСПЕЧЕННОСТЬ КЛИМАТА И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Главный фактор, формирующий водопотребление растений (Е), — тепловая энергия, точнее, теплоэнергетические ресурсы климата, выражаемые их водным эквивалентом (Е₀), который определяется радиационной, термической, гидрометрической и динамической напряженностью приземного воздуха. Эквивалент теплоэнергетических ресурсов часто называют испаряемостью, или максимально возможным испарением.

Естественная увлажненность в сочетании с теплообеспеченностью и прочими условиями процесса вегетации обуславливает продуктивность сельскохозяйственных полей. Высшая продуктивность их обеспечивается в годы оптимального сочетания ресурсов влаги и тепла, когда $E \rightarrow E_0$ при достаточном количестве питательных веществ в деятельном слое и высоком уровне агротехники.

Количественно нетто-норма водопотребления ($E_{нт}$) может быть оценена по следующему уравнению связи [2]:

$$E_{нт} = E_0 (1 + V_0^{-n \cdot r})^{-\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

где $V_0 = \frac{W_0}{W_{нп}}$ — необходимый для данной сельскохозяйственной культуры оптимум влажности деятельности слоя почвы (W_0), выраженный в долях от наименьшей влагоемкости ($W_{нп}$); n — параметр, учитывающий условия формирования стока с рассматриваемой территории (для расчлененного горного ландшафта $n = 2$; предгорий — 2,5; равнин — 3); r — параметр, связанный с почвенно-гидрологической константой — влажностью разрыва капиллярных связей (для легких по механическому составу почв $r = 1,1 \div 1,25$; средних — $1,5 \div 2,0$; тяжелых — $2,5 \div 4,0$).

Применительно к оросительным мелиорациям необходимо ввести понятие брутто-нормы водопотребления франко-орошаемое поле:

$$E_{ф.п} = \frac{E_{нт}}{1 - r_0}, \quad (2)$$

где r_0 — коэффициент оптимального стока, неизбежно существующего при поддержании оптимального стока, неизбежно существующего при поддержании увлажнения почвы на заданном уровне (табл. 1); $1 - r_0$ — коэффициент полезного использования оросительной воды на процесс суммарного водопотребления.

В табл. 1 даны значения коэффициентов оптимального стока (r_0) для равнин (при $V_0 \leq 1$) и коэффициентов сброса оросительной воды (орошение риса) при $V_0 > 1$.

При водопотреблении ($E_{нт}$) необходимо обеспечить в точке водозабора оросительной системы подачу воды в необходимом количестве ($E_{бр}$) и с учетом уровня технического исполнения проводящей и регулирующей сети, организации ее эксплуатации и управления поливами. Поэтому

$$E_{бр} = \frac{E_{нт}}{r_c}, \quad (3)$$

где $r_c = (1 - r_0) \cdot (1 - r_{п})$ — коэффициент полезного действия мелиоративной системы (согласно строительным нормам и правилам $0,8 \div 0,9$).

Значение коэффициента оптимального стока

При V_0 , равном	При r_c равном						
	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00
2,00	0,590	0,650	0,710	0,740	0,790	0,820	0,875
1,50	0,360	0,480	0,530	0,570	0,610	0,640	0,706
1,00	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207	0,207
0,90	0,158	0,149	0,140	0,133	0,125	0,117	0,103
0,85	0,135	0,123	0,111	0,109	0,089	0,078	0,055
0,80	0,113	0,097	0,082	0,072	0,060	0,054	0,041

В настоящее время одна из важнейших мелиоративных задач — борьба за снижение коэффициента потерь (r_n). Теоретически эта задача может быть решена при $r_c = (1 - r_0)$.

Так как водопотребление в условиях мелиораций предопределяется водным эквивалентом теплоэнергетических ресурсов климата (зависимость 1—3), в целях рациональной подачи оросительной воды необходимо исследование динамики формирования испаряемости в отдельные годы и периоды вегетации сельскохозяйственных культур. Теоретически величины эквивалента теплоэнергетических ресурсов процессов тепловлагообмена земной поверхности и приземного воздуха за любой расчетный промежуток времени E_0 определяются по соотношению

$$E_0 = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L}, \quad (4)$$

где R^+ — радиационный баланс земной поверхности, равный разности поглощенной коротковолновой радиации и эффективного излучения в часы ее прихода (светлые часы суток); P^+ — тепло адвекции, поступающее с воздушными массами; $(B_1 - B_2)$ — изменение теплосодержания в почвенном слое за рассматриваемый период; L — скрытая теплота парообразования, ккал/см³ (величины R^+ , P^+ , $(B_1 - B_2)$ даны в ккал/см²).

Практика показывает, что данных массовых наблюдений за составляющими уравнения (4) явно недостаточно. Поэтому величины E_0 в настоящее время определяют по эмпирическим формулам.

Анализ материалов актинометрических наблюдений на всех метеостанциях страны позволил установить зависимость составляющих уравнения (4) и величин ночного эффективного излучения (I_n) от сумм температур воздуха выше 10 °С [1]. Например,

годовая величина ночного эффективного излучения, определяющего в значительной мере теплообмен в почве (B_1-B_2), с достаточной степенью точности может быть оценена по уравнению

$$I_n = 9,7 + 0,7 \left(\frac{\sum t_{>10^\circ}}{1000} \right)^2 - 1,7 \left(\frac{\sum t_{>10^\circ}}{1000} \right), \quad (5)$$

где $\sum t_{>10^\circ}$ — сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C .

Внутригодовой ход I_n для всей территории страны характеризуется пятью типами распределения (табл. 2). В связи с этим среднегодовое значение E_0 рекомендуется определять по пяти уравнениям вида

$$E_0 = f_1 + f_2 \left(\frac{\sum t_{>10^\circ}}{1000} \right)^2 + f_3 \left(\frac{\sum t_{>10^\circ}}{1000} \right), \quad (6)$$

где f_1, f_2, f_3 — коэффициенты, зависящие от типа внутригодового распределения величины I_n (табл. 2).

Таким образом, по одной из зависимостей (6) можно выполнить массовые расчеты среднегодовых сумм испаряемости для любого пункта территории СССР.

Приближенные величины водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов можно получить по предлагаемым зависимостям $E_0 = f(d)$. Так, в континентальных регионах E_0 в целом за год может быть оценена по формуле

$$E_0 = 400 \sqrt{d_r}, \quad (7)$$

где d_r — средняя годовая величина дефицита влажности воздуха, мб.

Для горных стран рекомендуется использовать зависимость $E_0 = 500 \sqrt{d_r}$. (8)

Средний годовой эквивалент теплоэнергетических ресурсов южных прибрежных территорий оценивают по уравнению

$$E_0 = 675 \sqrt{d_r}. \quad (9)$$

Таблица 2

Коэффициенты, входящие в формулы для определения испаряемости

Тип распределения	I_n , ккал/см ² год	Значение коэффициентов		
		f_1	f_2	f_3
I	5—15	480	12,8	97,5
II	5—10	493	13,5	95,0
III	10—15	497	13,8	94,3
IV	15—20	498	14,0	94,3
V	20—25	502	14,3	93,2

Типичное внутригодовое распределение испаряемости

Распределение по типам, %											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>I тип (E_0 до 450 мм/год)</i>											
2,8	3,2	3,2	3,6	6,9	18,9	28,9	18,5	4,8	3,6	2,8	2,8
<i>II тип ($E_0 = 450 \div 600$ мм/год)</i>											
2,2	2,5	2,8	4,8	12,4	22,0	23,5	15,2	7,0	3,1	2,3	2,2
<i>III тип ($E_0 = 600 \div 750$ мм/год)</i>											
2,0	2,7	4,0	7,8	14,4	19,4	19,0	14,2	8,3	4,0	2,2	2,0
<i>IV тип ($E_0 = 750 \div 900$ мм/год)</i>											
2,2	2,7	5,1	9,8	14,5	16,7	16,4	13,6	8,6	5,1	3,1	2,2
<i>V тип ($E_0 = 900 \div 1050$ мм/год)</i>											
2,2	3,0	5,4	9,8	13,8	15,5	15,1	13,4	10,1	6,1	3,4	2,2
<i>VI тип ($E_0 = 1050 \div 1200$ мм/год)</i>											
2,6	4,0	7,9	9,4	12,3	13,8	14,0	12,6	10,0	6,8	4,1	2,5
<i>VII тип (E_0 более 1200 мм/год)</i>											
2,7	4,1	6,4	9,7	12,6	14,1	14,4	13,0	10,2	6,6	3,8	2,4

Исследование годового хода радиационного баланса (R^+), адвекции (P^+) и теплообмена в почве (B_1-B_2) на всей территории страны позволило выявить несколько типов внутригодового распределения испаряемости, охватывающих весь возможный диапазон годовых значений E_0 (табл. 3).

Предлагаемая методика позволяет, увязывая испаряемость с такими массовыми метеорологическими элементами, как сумма положительных температур или дефициты влажности воздуха, давать прогноз урожайности и структуры севооборота сельскохозяйственных культур, оросительных норм и др. В годы повышенной испаряемости рационально возделывать культуры с большим вегетационным периодом и, следовательно, с более высокими оросительными нормами. В годы же пониженной испаряемости вода должна быть сэкономлена или использована для других целей с тем, чтобы исключить ухудшение мелиоративного состояния земель.

Ежегодно в условиях инженерных мелиоративных систем должна решаться частная задача. Суть ее в том, чтобы создать оптимальные условия теплолагообеспеченности, т. е. привести в соот-

ветствие с естественными ресурсами тепла ресурсы влаги. Это одно из важнейших условий получения ежегодных максимальных урожаев сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Валуев В. Е. Среднегодовые теплоэнергетические ресурсы процесса суммарного испарения.— В кн.: Научные труды Омского сельхозинститута, т. 99. Омск, 1972.

2. Мезенцев В. С. Форма аналитической зависимости суммарного испарения от влажности почвы и теплоэнергетических ресурсов.— В кн.: Научные труды Омского сельхозинститута, т. X. Омск, 1960.

В. Г. АФОНИН, В. Н. РЫЛОВ

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ МЕЛИОРИРУЕМЫХ БОЛОТНЫХ МАССИВОВ

Болотные массивы Полесской низменности характеризуются наличием многочисленных минеральных повышений на фоне мелкозалежных торфяников. Минеральные выклинивания занимают от 3 до 20% общей площади мелиорируемых объектов, имеют самую разнообразную форму и высоту.

Результаты исследований последних лет показали целесообразность проведения капитальной планировки болотных массивов, позволяющей уже в первые годы использования значительно повысить продуктивность мелиорируемых участков.

К сожалению, методики расчета проектных объемов перемещения грунтовых масс для объектов Полесской низменности пока нет. Известны лишь общие методики определения объемов перемещаемых земляных масс (по профилям, квадратным и треугольным призмам).

Для проверки и оценки точности расчетов объемов перемещаемых земляных масс нами выбран опытный участок на мелиоративном объекте Осиповка Брестской области. Здесь имеются отдельные минеральные повышения овально-вытянутой конфигурации площадью от 0,03 до 0,83 га и высотой от 25 до 96 см. Общая площадь повышений составляла 19% всей площади участка.

Были выбраны два варианта площади по степени выраженности мезорельефа.

1. Высота минеральных повышений до 80 см над уровнем

окружающего торфяника. Отметки поверхности колебались от проектной на 30—50 см. Частные уклоны поверхности имели значения от 0,029 до 0,041.

2. Высота минеральных повышений до 50 см. Частные уклоны поверхности с ярко выраженным рельефом составляли от 0,011 до 0,025.

При оценке методик определения объемов земляных работ были использованы результаты геодезической съемки поверхности по квадратам со сторонами 10 и 20 м.

В результате расчетов по различным методикам оказалось, что объемы, подсчитанные по профилям, на 20—50%, а по квадратам на 10—15% меньше, чем по треугольникам.

Рассмотрим методику получения параметров оптимальных девятиточечных формул.

1. Девятиточечные формулы подсчета элементарных объемов

Пусть значения Z_k ($k = 0, 1, \dots, 8$) функции $Z = f(x, y)$ заданы в девяти точках квадратной сетки с шагом h (рис. 1).

Эти значения обычно получаются в результате вертикальной съемки планируемого участка.

Требуется вычислить интеграл V от функции Z по данной ячейке сетки (значение интеграла соответствует объему земляной массы, основанием которой служит эта ячейка). Правомерно считать угловые точки (2, 4, 6, 8) равноправными (они одинаково отстоят от центра ячейки — точки 0). Считая равноправными и точки 1, 3, 5, 7, положим, что $Z_r = Z_2 + Z_4 + Z_6 + Z_8$, а $Z_n = Z_1 + Z_3 + Z_5 + Z_7$. Рассмотрим теперь двухпараметрическое семейство кубатурных формул

$$V = V(\alpha, \beta) = h^2 [4(1 - \alpha - \beta) Z_0 + \alpha Z_n + \beta Z_r],$$

или

$$V = h^2 [4Z_0 + \alpha(Z_n - 4Z_0) + \beta(Z_r - 4Z_0)].$$

Отметим, что при определенных значениях α и β мы получим известные кубатурные формулы:

при $\alpha = 4/9$; $\beta = 1/9$ — формулу Симпсона,

при $\alpha = 1/2$; $\beta = 1/4$ — формулу квадратов,

при $\alpha = \beta = 1/3$ — формулу треугольных призм (рис. 5).

Предлагается следующий алгоритм отыскания оптимальных значений параметров α и β . Для каждой элементарной ячейки подсчитывается «фактический» объем $V_{\text{ф}}$ по сгущенной вдвое сетке (предполагается, что исходная таблица значений функции построена именно для такой сетки).

Значения параметров α и β для данной таблицы находятся в соответствии с принципом наименьших квадратов из условия

$$\min_{\alpha, \beta} \sum_{i=1}^p [V^i(\alpha, \beta) - V_{\Phi}^i]^2,$$

т. е. минимизируется сумма квадратов отклонений «теоретических объемов» $V^i(\alpha, \beta)$ от «фактических» V_{Φ}^i . При этом суммирование ведется по всем возможным p клеткам таблицы. Например, для 30 исходных точек будут рассматриваться две ячейки ($p = 2$) (рис. 2).



Рис. 1

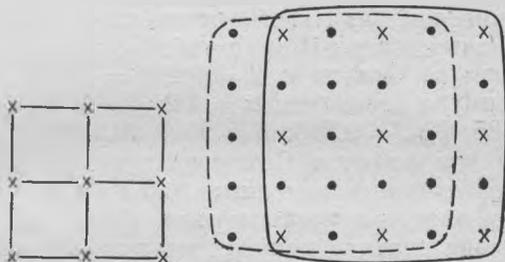


Рис. 2

Используя необходимые условия экстремума, получаем для отыскания α и β следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\alpha \Sigma (Z_n - \xi)^2 + \beta \Sigma (Z_r - \xi) (Z_n - \xi) = \Sigma \left(\frac{V_{\Phi}^i}{h^2} - \xi \right) (Z_n - \xi),$$

$$\alpha \Sigma (Z_r - \xi) (Z_n - \xi) + \beta \Sigma (Z_r - \xi)^2 = \Sigma \left(\frac{V_{\Phi}^i}{h^2} - \xi \right) (Z_r - \xi).$$

Здесь

$$Z_n = Z_n, \quad Z_r = Z_r, \quad \xi = 4Z_0, \quad \Sigma \dots + \sum_{i=1}^p \dots$$

В качестве меры отклонения теоретических объемов от фактических брались две величины: среднеквадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p [V^i(\alpha, \beta) - V_{\Phi}^i]^2}$$

и среднее абсолютное отклонение

$$M = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p |V^i(\alpha, \beta) - V_{\Phi}^i|.$$

Описанный алгоритм был реализован на ЭВМ.

В качестве исходных таблиц брались различные таблицы отметок геодезической съемки. В результате просчетов оказалось, что оптимальные значения α и β различны для различных таблиц, причем во всех случаях α и β оказались наиболее близкими к $\alpha = 1/2$, $\beta = 1/4$, т. е. наилучшей из известных оказалась формула квадратов.

Приведем результаты просчета по опытному участку Осиповка с исходным шагом 10 м ($p = 160$).

Формула Симпсона: $\alpha = 4/9$; $\beta = 1/9$; $S = 101,4$; $M = 79,4$.

Формула квадратов: $\alpha = 1/2$; $\beta = 1/4$; $S = 91,2$; $M = 71,7$; $\alpha_{\text{опт}} = 0,485$; $\beta_{\text{опт}} = 0,218$; $S = 90,0$; $M = 70,6$.

То, что формула Симпсона хуже формулы квадратов, объясняется следующим: шаг сетки (20 м) здесь не является достаточно малым для того, чтобы можно было остаточный член формулы Симпсона считать меньше остаточного члена формулы квадратов.

2. О четырехточечных кубатурных формулах

В настоящее время существуют две распространенные формулы для подсчета объемов земляных масс на базе четырех отметок: формула квадратов (о ней было сказано выше) и формула треугольников. Ниже рассматриваются кубатурные формулы достаточно общего вида и предлагается алгоритм вычисления параметров этих формул.

Пусть из массива значений функции $Z = f(x, y)$, заданной на прямоугольной сетке, выделена элементарная ячейка, содержащая 9 точек (рис. 3).

Ставится задача отыскать кубатурную формулу для вычисления интеграла V от функции Z по данной ячейке с использованием

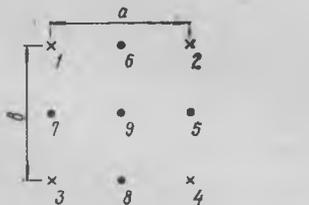


Рис. 3

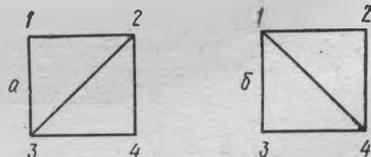


Рис. 4

четырёх точек: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 . Необходимое в дальнейшем «фактическое» значение интеграла вычисляется по всем девяти точкам на базе формулы квадратов

$$V_{\Phi} = \frac{ab}{16} [Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + 2(Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8) + 4Z_9].$$

Запишем кубатурную формулу в виде

$$V_{\Phi} = V(x, y, \gamma).$$

Здесь

$$V(x, y, \gamma) = \frac{ab}{6} [\gamma\sigma_1 + (3 - \gamma)\sigma_2], \quad (1)$$

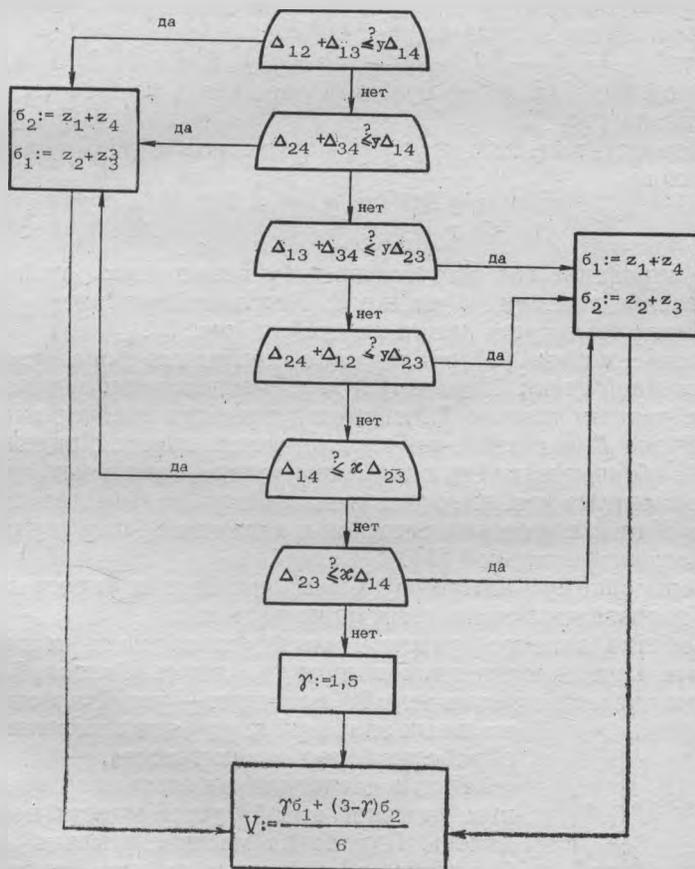


Рис. 5

причем

$$\sigma_1 = Z_1 + Z_4, \quad \sigma_2 = Z_2 + Z_3 \quad (2)$$

либо

$$\sigma_1 = Z_2 + Z_3, \quad \sigma_2 = Z_1 + Z_4. \quad (3)$$

Вопрос о том, по каким формулам ((2) или (3)) нужно вычислять значения σ_1 и σ_2 , зависит от значений некоторых параметров x и y (см. ниже), поэтому можно считать, что в формуле (1)

$$\sigma_1 = \sigma_1(x, y), \quad \sigma_2 = \sigma_2(x, y).$$

При $\gamma = 1,5$ формула (1) соответствует формуле квадратов: при $\gamma = 1$ и (2), а также при $\gamma = 2$ и (3) — формуле треугольников (2) вида *a* (рис. 8); при $\gamma = 1$ и (3), а также при $\gamma = 2$ и (2) — формуле треугольников вида *b* (рис. 4).

Пусть $\Delta_{ij} = |Z_i - Z_j|$ и при этом $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3, 4$.

Вычисление $V(x, y, \gamma)$ можно осуществлять по блок-схеме, изображенной на рис. 5.

Выбор оптимальных значений параметров x, y, γ производится из условия

$$\min_{x, y, \gamma} \sum |V(x, y, \gamma) - V_{\text{ф}}|, \quad (4)$$

где суммирование совершается по всем возможным ячейкам данного массива значений функции Z . При этом, например, 12 точек позволяют рассмотреть две такие ячейки (рис. 6).

Решение задачи (4) реализуется путем перебора узлов пространственной сетки. Параметры x, y, γ меняются в заданных пределах с данным шагом. Такой метод решения требует значительного объема вычислений, но он отличается высокой надежностью. Методы, обеспечивающие лишь нахождение локального экстремума (градиентные и т. п.), здесь использовать нельзя, так как зависимость V от x и y весьма сложная и задача в общем случае является многоэкстремальной [1].

По описанному алгоритму была составлена программа для ЭВМ и произведены соответствующие расчеты.

Обработка данного участка осуществлялась по частям с последовательным увеличением количества ячеек. Основной показатель пригодности предлагаемой методики — устойчивость оптимальных значений x, y, γ при изменении числа обрабатываемых ячеек участка.

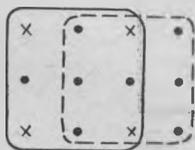


Рис. 6

Как и следовало ожидать, для произвольных участков такой устойчивости не наблюдалось. Однако на массиве отметок участка Осиповка, разделенном на два варианта, отмечена высокая устойчивость параметров для

каждого варианта. Значения параметров x , y , γ оказались для первого варианта равными соответственно 0,8; 0,2; 2; для второго варианта — 1; 0,6; 2. Выигрыш в точности по сравнению с формулой квадратов составил примерно 10% [2, 3].

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что для подсчета объемов земляных масс при выполнении мелиоративных работ в районах Полесья предпочтительно использовать формулу квадратов. В ряде случаев, когда имеется несколько сходных участков, можно, воспользовавшись алгоритмом (§ 2 данной статьи), найти оптимальные параметры, x , y , γ для одного из участков (по сгущенной сетке отметок), а затем использовать эти параметры для подсчета объемов на родственных участках.

Литература

1. Зайцев В. Б. О количественной характеристике рельефа при планировке земель под рис.— Гидротехника и мелиорация, 1965, № 10, с. 20—24.
2. Мулин В. И. Расчет основных технико-экономических параметров вертикальной планировки территории.— М., 1974.
3. Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ.— М., 1975.

Б. В. КАРАСЕВ, В. Н. ЯРОМСКИЙ

ВЛИЯНИЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА НА КОРРОЗИЮ СТАЛИ

Опыты по определению влияния полиакриламида (ПАА) на коррозию стали в водных растворах ПАА, а также оптимизации его доз проводились в статических условиях. Полиакриламид (известковый) растворили в водопроводной воде, физико-химические показатели которой следующие:

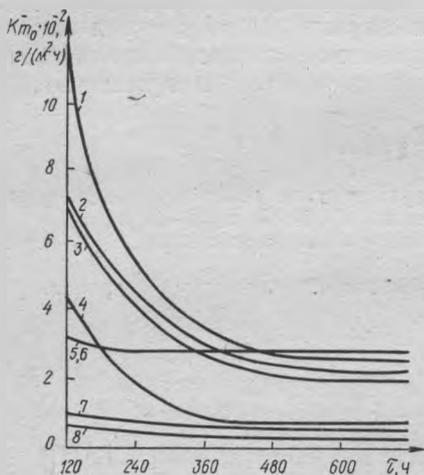
жесткость, мг-экв/л
общая — 4,9
временная — 4,9
постоянная — отсутствует
сухой остаток, мг/л — 188
рН — 7,25
растворенный кислород, мг/л — 0,2—0,5
углекислота свободная, мг/л — отсутствует
углекислота гидрокарбонатная, мг/л — 15,25
углекислота, мг/л — отсутствует
агрессивная углекислота — отсутствует
кальций (Ca^{2+}), мг/л — 190
магний (Mg^{2+}), мг/л — отсутствует
хлор (Cl^-), мг/л — 0,02
щелочность, мг-экв/л — 4,70

Опытные образцы (разм. $150 \times 100 \times 2$ мм) изготовлены из малоуглеродистой стали.

В основу методики экспериментальных исследований положен сопоставительный метод, при котором сравниваются скорости коррозии опытных образцов в воде и в водных растворах ПАА.

Результаты эксперимента представлены на рис. 1. Скорость коррозии определяли гравиметрическим методом.

Продолжительность опытов 720 ч.



При небольших концентрациях (кривые 1, 2, 3) ПАА в начальный период (из-за недостатка ПАА) происходит усиленное разрушение пленки на металле, а после ее разрушения наблюдается адсорбция макромолекул ПАА; пленка уплотняется, наступает стационарный режим коррозии.

Рис. 1. Зависимость от времени скорости коррозии малоуглеродистой стали в водопроводной воде [5] и в водных растворах ПАА при различных концентрациях ПАА: 1—0,005%; 2—0,01; 3—0,02; 4—0,04; 5, 6—0,0025; 7—0,08; 8—0,016%

При относительно больших концентрациях ПАА (кривые 6, 7, 8) резкого увеличения скорости коррозии не наблюдается. Здесь происходил стационарный режим коррозии.

Изложенное подтверждается также визуальными наблюдениями. Образцы металла, обработанные в водных растворах с небольшим содержанием ПАА, имеют беловатый оттенок, т. е. металл очищается от окисной пленки. По мере увеличения концентрации ПАА металлические образцы все больше приобретают оттенок желтого цвета. Это свидетельствует о том, что происходит адсорбция ПАА на металлическую поверхность.

Совпадение кривых 5, 6 свидетельствует о том, что растворенный в воде ПАА в количестве до 0,0025% на коррозию стали не влияет.

О ДВИЖЕНИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИАКРИЛАМИДА
В ТРУБАХ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

В настоящей статье приводятся результаты экспериментальных исследований движения малоцентрированных растворов полиакриламида (ПАА) в трубах большого диаметра (104 и 155 мм).

Экспериментальный стенд представлял собой циркуляционную систему горизонтальных труб с промежуточной емкостью 10 м³. Циркуляция жидкой среды осуществлялась насосами Д 320-50 и Д 1600-90.

Замер давлений по рабочему участку каждой трубы производился в трех сечениях воздушно-водяными дифференциальными манометрами. Перепады давления измерялись в сечениях 1—2 и 2—3 по ходу движения жидкой среды. Потери напора определялись по перепаду давлений на каждом дифференциальном манометре. Расход жидкости измерялся с помощью водослива.

Задача исследования — определить коэффициент гидравлического трения (λ) при различных числах Рейнольдса (Re). Для сравнения вначале опыты были проведены на водопроводной воде. Экспериментальное значение коэффициента получали из формулы Дарси-Вейсбаха

$$i = \lambda \frac{1}{d} \frac{V^2}{2g},$$

где i — удельные потери напора на расчетном участке, м; V — средняя скорость движения жидкости в трубе, определяемая по расходу, м/с; g — ускорение силы тяжести, м/с².

Полученные кривые ($\lambda = f(Re)$) на воде для каждой трубы сопоставляли с данными работ и при удовлетворительном совпадении гидравлические исследования на воде прекращали.

В исследованиях сопротивлений на воде оценивали величину эквивалентной шероховатости в трубе ($K_э$) с помощью формулы А. Д. Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_э}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}.$$

Эквивалентная шероховатость для труб диаметром 104 и 155 мм оказалась равной 0,00065 и 0,0035 соответственно. Различие в величине шероховатости объясняется тем, что труба диаметром 104 мм новая, а диаметром 155 мм — бывшая в эксплуатации.

Растворы ПАА готовили в специальной мешалке. Приготовлен-

ный высококонцентрированный раствор полиакриламида вводили в поток воды, циркулируемой в системе.

Для исследований гидравлических сопротивлений при движении растворов ПАА использована та же методика, что и для воды.

На рис. 1 и 2 приведены результаты опытных данных, полученные в трубах диаметрами 104 и 155 мм.

Число Рейнольдса определили по вязкости воды. Такое условие дает наглядное представление о величине действительного эффекта снижения сопротивления под воздействием полимерных добавок.

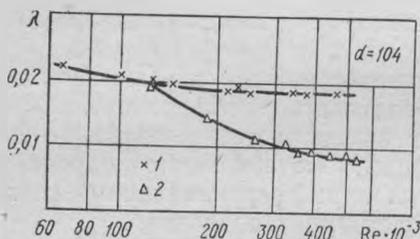


Рис. 1. Влияние полимерных добавок на сопротивление трения в трубе диаметром 104 мм ($K_0/d=0,00065$): 1 — водопроводная вода; 2 — раствор ПАА с концентрацией 0,05%

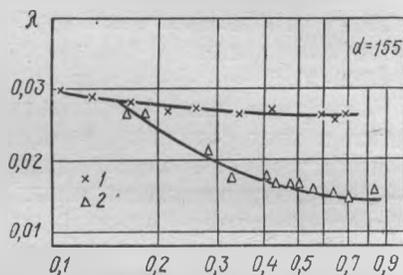


Рис. 2. Влияние полимерных добавок на сопротивление трения в трубе диаметром 155 мм ($K_0/d=0,0035$): 1 — водопроводная вода; 2 — раствор ПАА с концентрацией 0,05%

Чтобы определить физическую сторону данного явления, пользуются понятием обобщенных чисел Рейнольдса, учитывающих вязкость раствора и его неньютоновские свойства. Однако числа Re , вычисленные по обобщенным зависимостям для одного и того же полимерного раствора, могут отличаться друг от друга, что приводит к неточности определения действительной величины снижения сопротивления и усложнению расчетов. Поэтому в технических приложениях оценку эффективности полимерных растворов наи-

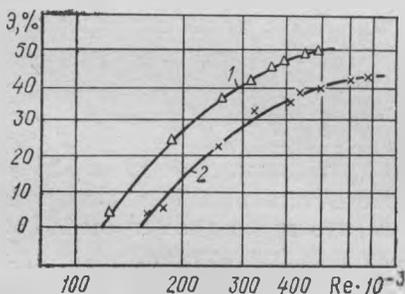


Рис. 3. Эффективность 0,05%-ного раствора ПАА в трубах (цифры показаны диаметры труб)

более целесообразно производить при числах Re , полученных по вязкости растворителя.

Как видно из рис. 1 и 2, разбавленные растворы ПАА заметно снижают сопротивление в трубах, начиная с определенного порогового числа Рейнольдса ($Re_{пор}$). При постоянной концентрации с увеличением диаметра повышается значение $Re_{пор}$.

Для оценки эффективности растворов ПАА в трубах построены графические зависимости ($\Theta = f(Re)$), изображенные на рис. 3. Величину эффективности Θ определяли по формуле

$$\Theta = 1 - \frac{\lambda_{п}}{\lambda_{в}}$$

где $\lambda_{п}$ и $\lambda_{в}$ — коэффициенты гидравлического трения соответственно для растворов ПАА и воды.

Представленные зависимости показывают, что добавки к воде полиакриламида уменьшают гидравлическое сопротивление в трубах диаметром 104 и 155 мм. Для раствора ПАА с концентрацией 0,05% достигнуто снижение коэффициента λ до 40—45%. Результаты исследований показали, что на величину уменьшения сопротивления не оказывает особого влияния шероховатость стенок трубы. На обеих трубах, сильно отличающихся по $K_{в}$, получен значительный эффект снижения сопротивления.

П. П. СТРОКАЧ, Б. Н. ЖИТЕНЕВ, О. А. ГРИШАНОВИЧ,
В. В. МУТОВКИН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ВОДЫ

С ростом городов, улучшением их благоустройства все более остро возникает проблема обеспечения питьевой водой. Для этих целей можно использовать, конечно, речную воду. Но, как известно, вода рек заболоченных районов БССР имеет определенную окраску из-за наличия в ней органических веществ. Как же добиться обесцвечивания речной воды?

Нами исследована зависимость обесцвечивания воды от различных доз алюминия. Цель исследования — разработка электрохимического метода подготовки воды на небольших автономных объектах Белоруссии.

Опыты проводились на воде из р. Мухавец в электролизере из органического стекла емкостью 0,9 л. Три алюминиевых и четыре стальных электрода были собраны в пакет с расстоянием между

пластинами 5 мм. Площадь рабочей поверхности анодов составляла 500 см², плотность тока — 1 мА/см². Постоянный ток подавался от выпрямителя ВС-24 М.

Остаточную цветность воды определяли после ее фильтрования через бумажный фильтр колориметрическим методом на фотоэлектроколориметре ФЭК-56 М.

Результаты исследований представлены в виде кривых, отражающих зависимость остаточной цветности воды от дозы алюминия (рис. 1). Кривые построены по средним данным 5 опытов.

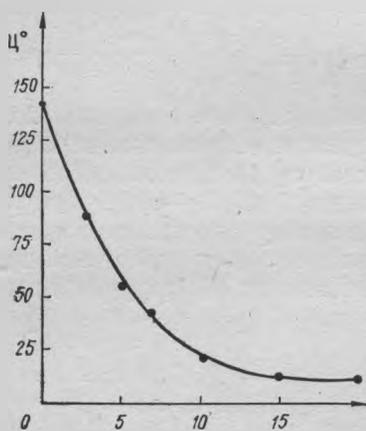


Рис. 1. Зависимость обесцвечивания воды от дозы алюминия

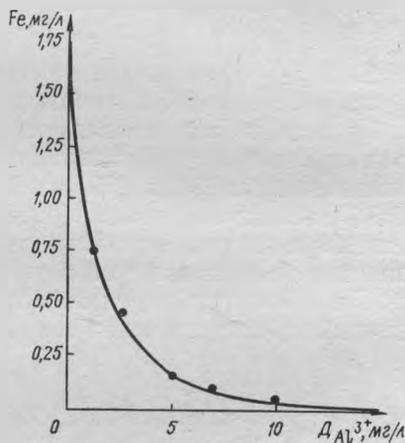


Рис. 2. Зависимость обезжелезивания воды от дозы алюминия

При введении небольших доз алюминия происходит резкое снижение в воде веществ, обуславливающих ее цветность. Например, при введении 2 мг/л Al³⁺ цветность воды снижалась на 43,4% (со 160 до 85 град). На снижение цветности до требований ГОСТа 2874-73 «Вода питьевая» затраты алюминия составляли 10 мг/л.

Несколько повышенные дозы алюминия на обработку единицы объема воды по сравнению с данными, приведенными в литературе [1] (5—7 мг/л Al³⁺), по нашему мнению, можно объяснить составом гумусовых веществ, содержащихся в речной воде.

Среди всех окрашенных органических веществ рек заболоченных районов Белоруссии на долю группы фульвокислот приходится около 80% [1]. Из них приблизительно 50% находится в растворенном состоянии. Фульвокислоты представляют собой высокомолекулярные соединения, которые по сравнению с другими видами гумусовых веществ коагулируют труднее. Поэтому по мере повы-

шения дозы алюминия цветность воды снижалась незначительно. Так, при увеличении дозы алюминия с 10 до 20 мг/л цветность воды снизилась лишь на 8 град. (с 20 до 12 град.).

Одновременно с процессом электрохимического обесцвечивания воды достигалось эффективное ее обезжелезивание. Определение остаточного железа в воде при введении тех же доз алюминия показало (рис. 2), что для снижения железа с 1,75 мг/л в исходной воде до требований ГОСТа на питьевую воду потребовалось 3 мг/л Al^{3+} .

При дозе алюминия 10 мг/л остаточное содержание железа в воде составляло 0,05 мг/л.

Затраты электроэнергии на обработку 1 м³ воды при дозе алюминия 10 г/м³ составляли 120 Вт·ч.

Таким образом, исследования показали целесообразность применения электрохимического метода обработки воды. Этот метод с успехом может использоваться для получения питьевой воды на небольших автономных объектах.

Литература

1. Шевченко М. А. Органические вещества в природной воде и методы их удаления.— К., 1966.

Я. А. КАРЕЛИН, Е. П. ЯКУБОВСКИЙ

РЕГЕНЕРАЦИЯ ИОНИТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Для очистки сточных вод весьма эффективным является метод ионного обмена. Широкое его внедрение сдерживается из-за значительных расходов на реагенты. Поэтому регенерация ионообменных смол имеет важное значение.

В практике применяются в основном два способа регенерации—прямоточный и противоточный.

При прямоточном способе регенерации направление движения регенерирующего раствора совпадает с направлением движения очищаемой воды. В этом случае замыкающие слои ионита оказываются наименее отрегенированными. В следующем же рабочем цикле происходит проскок сорбируемых ионов в начале процесса. Это вызвано обменом ионов регенеранта, образующихся в верхних слоях загрузки на полностью вытесненные в процессе регенерации сорбируемые ионы.

Недостатки данного метода: реагенты используются недостаточно полно, что обуславливает больший их расход; в результате неполного использования реагентов ионообменная загрузка регенерируется лишь частично, что приводит к повышенному проскоку ионов и тем самым ухудшению степени очистки воды; большой расход воды на собственные нужды установки; в элюатах остаются избыточные реагенты, вследствие чего требуются дополнительные нейтрализующие реагенты.

Противоточная регенерация осуществляется пропуском регенерирующего раствора через фильтр в направлении, противоположном движению воды в рабочей стадии. При этом средняя величина степени регенерации по слою может быть значительно уменьшена без уменьшения степени извлечения, так как замыкающая часть слоя ионита в рабочей стадии имеет степень регенерации гораздо выше средней. Противоточный процесс предотвращает проскок сорбирующих ионов в начале рабочего цикла, исключает операцию взрыхления ионита, снижает расход реагентов. Избыток регенерирующих веществ в элюатах значительно ниже, чем при проточной регенерации. Степень чистоты воды при этом намного выше.

Для регенерации ионитов используют растворы солей, кислот, щелочей и их смесей. Очистка сточных вод с помощью ионитов в солевой форме не меняет общее солесодержание. Поэтому при очистке воды для повторного ее использования катиониты и аниониты следует применять в водородной и гидроксильной формах, а регенерировать их соответственно кислотами и щелочами.

Наиболее широко для регенерации катионитов применяются серная и соляная кислоты. Чаще всего регенерация производится серной кислотой, она дешевле соляной, и при прочих равных условиях ее расходуется значительно меньше. В то же время при очистке хромовокислых сточных вод после никелирования, меднения и хромирования на катионите Вофатит KRS и анионите Вофатит АД-41 [1] получены противоположные результаты. Расход соляной кислоты составлял 2,43 г-экв (около 88 г) на 1 л смолы, а серной — 3,60 г-экв (около 170 г). Эффективность использования соляной и серной кислот (количество десорбированных г-экв катионов одним г-экв кислоты в ч) составляла соответственно 0,3 и 0,22, что свидетельствует о худшей регенерационной способности серной кислоты. Кроме того, при использовании серной кислоты возникает опасность выпадения сульфата кальция в толще катионита и в дренаже фильтра из-за его низкой растворимости. Предотвратить это явление можно путем использования низкой концентрации кислоты (1—2%), что не всегда обеспечивает необходимую степень регенерации.

Регенерация анионитов осуществляется растворами или их сме-

сями. Расход реагентов на регенерацию зависит от условий ее проведения, а также от состава очищаемой воды. Например, при регенерации Вофатита АД-41 при очистке хромосодержащих сточных вод после пассивации расход NaOH составлял 2,23 г-экв/л смолы при эффективности его использования 0,68, а при очистке хромовокислых сточных вод после никелирования, меднения и хромирования — 2,48 г-экв/л смолы при эффективности использования 0,71 [1].

Эффективность использования реагентов при регенерации зависит от концентрации регенерирующего раствора и скорости фильтрования его через слой ионита. Чем меньше скорость фильтрования, тем выше использование реагента, однако при этом увеличивается продолжительность регенерации.

Об оптимальной концентрации регенерирующего раствора мнения исследователей расходятся.

Исследованиями некоторых авторов установлено, что повышение концентрации регенерирующего раствора, с одной стороны, ведет к более полной десорбции, с другой стороны, к сжатию зерен ионита, что существенно замедляет процесс десорбции.

Согласно теории регенерации ионитовых колонн, для одно-, двухзарядного обмена (это часто отмечается при регенерации) зависимость степени использования реагента от его концентрации достигает максимальной величины.

Поскольку при очистке сточных вод ионным обменом расход регенерирующего вещества резко возрастает (по мере увеличения показателя регенерации), важно выбрать оптимальную величину степени регенерации ионитов, позволяющую получить достаточную продолжительность рабочего цикла и необходимый уровень очистки при умеренном расходе регенеранта. К сожалению, в научной литературе вопросам регенерации ионитов уделяется мало внимания, хотя именно она определяет целесообразность применения ионного обмена. Поэтому мы продолжаем исследования по выявлению оптимальных условий процесса регенерации ионитов в зависимости от качества обрабатываемой воды и марки смол. Это необходимо для широкого внедрения ионообменного метода очистки сточных вод.

Литература

1. Annusewicz A., Kieszkowski M., Olszewski I., Pastuszko I. Wyniki badań politechnicznych oczyszczania ścieków z galwanizerni metoda wymiany jonowej.—*Powf. ochr.*, 1975, 3, N 2.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В связи с ростом водопотребления возникает необходимость увеличения и пропускной способности водопроводных труб путем увеличения их диаметра или прокладки дополнительных трубопроводов, установки более мощных насосов, а также снижения шероховатости внутренней поверхности труб.

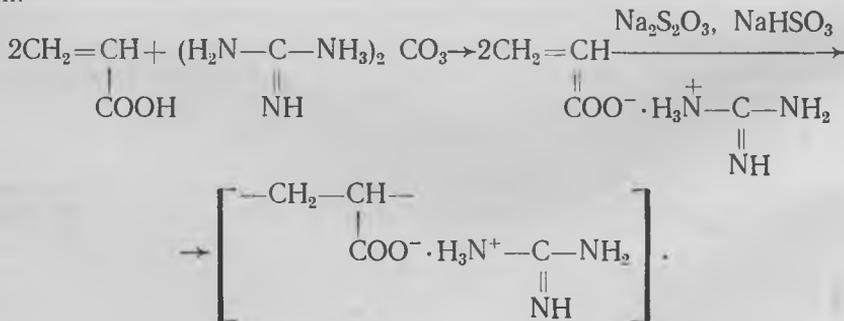
Увеличить пропускную способность трубопровода можно за счет использования «эффекта Томса», который достигается путем введения водорастворимых полимеров в перекачиваемую жидкость. Так, при растворении в воде нескольких сотых долей таких полимеров, как полиакриламид, полиокс и др., обнаруживается до 40—50% снижения (по сравнению с водой) сопротивления трения при турбулентном течении раствора в трубе.

Изучение различных водорастворимых полимеров показало, что наиболее эффективным является полиакриламид с молекулярной массой $2 \cdot 10^5$ — $8 \cdot 10^6$ и концентрацией в растворе 0,04—0,08%. Однако широкое внедрение полиакриламида в системах оборотного водоснабжения сдерживается заметной деструкцией полимера в процессе длительной циркуляции раствора [1, 2].

В процессе исследования нами найден еще ряд полимеров, которые могут быть использованы в качестве гидродинамической добавки, например полиакрилат гуанидина.

Синтез полиакрилата гуанидина состоит из трех стадий: получения акрилата гуанидина, затем получения полиакрилата гуанидина и выделения полиакрилата гуанидина из водного раствора методом осаждения.

Получение полиакрилата гуанидина может быть представлено так:



Это стеклообразный продукт белого цвета, хорошо растворимый в воде. Относительная вязкость 1%-ного водного раствора — 18—20. Содержание азота — 25—26%. Полиакрилат гуанидина является полиэлектролитом, содержащим полярные и ионогенные группы, которые обладают высокой степенью межмолекулярного взаимодействия, что способствует образованию «ассоциатов» — сильно насыщенных водой студенистых образований, сравнимых по величине с вихрями турбулентного потока. Ассоциаты вязкоупруги и легко деформируются в ламинарном потоке, но проявляют жесткость под действием высокочастотных турбулентных пульсаций.

Для выяснения эффективности использования новой гидродинамической присадки были проведены сравнительные испытания механической деструкции полиакрилата гуанидина и полиакриламида в водных растворах.

Оценку деструкции полимеров производили косвенным методом по величине относительного снижения сопротивления трения $\left(\varepsilon = \frac{\lambda_{\text{в}} - \lambda_{\text{р}}}{\lambda_{\text{в}}} 100\% \right)$, где ε — относительное снижение сопротивления трения, %; $\lambda_{\text{в}}$ — коэффициент гидравлического трения при транспорте воды; $\lambda_{\text{р}}$ — коэффициент гидравлического трения при транспорте раствора полимера).

В процессе изучения деструкции сравнивались два полимера: полиакрилат гуанидина с молекулярной массой $3,8 \cdot 10^6$ и оптимальной концентрацией в растворе 0,045% и полиакриламид (с нейтрализацией известью и аммиаком) с молекулярной массой $3,9 \cdot 10^6$ и оптимальной концентрацией в растворе 0,045%.

Деструкцию полимеров находили по сточасовой программе на гидравлическом стенде по известной методике.

Экспериментальные исследования показали, что растворы полиакрилата гуанидина менее подвержены деструкции (на 35%), чем растворы полиакриламида (относительное снижение гидравлического сопротивления трубопроводов при циркуляции растворов полиакрилата гуанидина изменялось от 35 до 23%, а при циркуляции растворов полиакриламида — от 33 до 15%).

Можно предположить, что различие в развитии процессов деструкции макромолекул исследуемых полимеров связано с тем, что между отдельными частями молекулярной цепи полиакрилата гуанидина и полиакриламида действуют ионно-электростатические силы, которые в молекулах полиакрилата гуанидина выражены значительно сильнее.

Литература

1. Новиков В. М. Раствор полиакриламида — эффективный теплоноситель.— Промышленность Белоруссии, 1971, № 10.
2. Новиков В. М., Зинович З. К., Строкач П. П. Исследование деструкции полимеров в сильно разбавленных водных растворах.— Химия и химическая технология, 1978, № 13.

М. В. КРАВЦОВ, В. М. КРУК

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Силу гидравлического сопротивления как при равномерном течении жидкостей в напорных круглоцилиндрических трубах, так и при свободном равномерном движении отдельных сферических тел в жидкостях определяют по формуле

$$F = \psi S \frac{\rho V^2}{2}, \quad (1)$$

где ψ — коэффициент сопротивления (для случая течения жидкостей в трубах $\psi = \frac{Idq}{2V^2}$, для случая осаждения сферических тел $\psi = \frac{4d\Delta\rho q}{\rho V^2}$); S — площадь внутренней поверхности трубы или средняя площадь шара; ρ — плотность жидкости; V — средняя скорость равномерного течения жидкостей или скорость осаждения шара; $I = \frac{h_l}{l}$ — гидравлический уклон (h_l — потери напора на участке трубы длиной l); d — диаметр трубы или шара; $\Delta\rho$ — разность плотностей шара и жидкости; q — ускорение силы тяжести.

В настоящее время для расчета значений коэффициента сопротивления рекомендуется [1, 2] использовать трехчленную формулу в виде

$$\psi = \frac{A}{Re} + \frac{B}{\sqrt{Re}} + C_d, \quad (2)$$

где $Re = \frac{Vd\rho}{\mu}$; μ — динамический коэффициент вязкости; A , B и C_d — постоянные коэффициенты.

В случае свободного равномерного падения тел в жидкостях требуется знать скорость движения. Расчетная зависимость для скорости может быть получена путем решения уравнения (2), которое, однако, является уравнением четвертой степени относительно скорости. Точность расчетов выражения (1) обеспечивает следующая формула:

$$\psi = \frac{A}{Re} + \frac{B_0}{\sqrt[3]{Re^2\psi}} + C_d, \quad (3)$$

где A , B_0 и C_d — постоянные коэффициенты.

Уравнение (3) квадратное относительно скорости, и его решение дает расчетную зависимость для скорости в виде

$$V = - \frac{A\mu}{2\rho(K + C_d d)} + \sqrt{\left[\frac{A\mu}{2\rho(K + C_d d)} \right]^2 + \frac{4d^2\Delta\rho g}{3\rho(K + C_d d)}}, \quad (4)$$

где $K = B_0 / \sqrt{\frac{4}{3} \frac{\rho\Delta\rho g}{\mu^2}}$.

Эта формула может быть применена для расчета скорости свободного осаждения одиночных частиц зернистых материалов (при условии рассмотрения статистической средней скорости в качестве стандартной скорости и среднего размера двух соседних сит в качестве стандартного диаметра частиц). При этом число опытных измерений, которые необходимо произвести для получения устойчивого значения среднестатистической скорости, определяется опытным путем.

Естественно, что в природе монодисперсных и тем более с частицами одинаковой формы (например, сферической) зернистых материалов не встречается. В технике же имеют дело или с природными полидисперсными зернистыми материалами с окатанной формой естественных наносов, или с искусственно приготавливаемыми зернистыми материалами с угловатой формой частиц. Путем сортировки на ситах, гидравлических классификаторах и т. п. из общей массы зернистого материала можно выделить фракцию с примерно одинаковыми размерами частиц. В общей массе зернистого материала нет частиц с абсолютно равными размерами. Кроме того, даже при самой тщательной сортировке получают фракцию с частицами разных размеров и формы. Это значит, что тщательно отсортированную фракцию зернистого материала при близких размерах ячеек двух сит можно считать монодисперсной лишь приближенно.

Если каждую из частиц этой фракции рассматривать отдельно, то геометрические и гидродинамические параметры, характеризующие данную частицу, будут разными.

Пусть, например, мы имеем тщательно отсортированную фракцию зернистого материала с помощью двух сит с размерами ячеек d_1 и d_2 . В этом случае размер частиц будем считать равным $1/2(d_1 + d_2)$.

Докажем, что свойства частиц, составляющих выделенную фракцию, можно характеризовать среднестатистическими параметрами.

Обозначим геометрический или гидродинамический параметр, характеризующий какое-либо индивидуальное свойство частицы, через X . Далее многократным квартованием выделим из общей массы фракции две части. Ясно, что частицы зернистого материала в обеих частях будут отличаться по параметру X . Пусть под X понимается или один из геометрических коэффициентов формы, или скорость осаждения одиночной частицы и т. д. Выделим из обеих частей фракции по одной частице и определим для них значение параметра X . Разница ΔX между найденными значениями X будет равна

$$\Delta X_1 = X_1^I - X_1^{II}, \quad (5)$$

где X_1^I и X_1^{II} — значения параметра для одиночных частиц из разных объемов фракции.

Далее из обеих частей выделим по две, три, четыре и т. д. частицы и найдем для них среднеарифметические значения параметра X для обоих объемов фракции: $X_{1-2}^I, X_{1-3}^I, X_{1-4}^I, X_{1-5}^I$ и т. д.; $X_{1-2}^{II}, X_{1-3}^{II}, X_{1-4}^{II}, X_{1-5}^{II}$ и т. д.

Опытным путем легко убедиться, что разница между найденными среднеарифметическими значениями параметра X стремится к нулю при стремлении числа частиц к бесконечности, т. е.

$$\Delta X_n = X_{1-n}^I - X_{1-n}^{II} \rightarrow 0 \quad \text{при } n \rightarrow \infty. \quad (6)$$

Пробными опытными испытаниями нами установлено, что для получения очень малого значения ΔX_n достаточно взять 50—75 частиц.

После набора ряда опытных значений ψ и Re постоянные коэффициенты A, B, B_0 и C_d в формулах (2) и (3) можно определить методом наименьших квадратов с использованием программ расчетов на ЭВМ.

Если уравнение линейно относительно определяемых коэффициентов, то, подставляя в него найденные опытными путем значения X и Y , можно получить ряд линейных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= aA_1 + bB_1 + cC_1 + \dots, \\ Y_2 &= aA_2 + bB_2 + cC_2 + \dots, \\ Y_3 &= aA_3 + bB_3 + cC_3 + \dots, \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $Y_1, Y_2, Y_3 \dots$ — опытные значения исследуемой функции; A, B, C — величины независимой переменной; a, b, c — постоянные коэффициенты.

Уравнения (7) будут справедливыми в том случае, если формула совершенно точно отражает опытную зависимость. В действительности между значениями, вычисленными по формуле, и опытными данными существует некоторое различие, т. е. разность между правой и левой частями уравнений (7) равна величине отклонения Δ между вычисленными и экспериментальными значениями Y при данной величине X . Общий вид уравнения:

$$\Delta_i = aA_i + bB_i + cC_i + \dots + Y_i. \quad (8)$$

Относительные отклонения $\bar{\Delta}_i = \Delta_i/y_i$ будут равны

$$\bar{\Delta}_i = aA_i/Y_i + bB_i/Y_i + cC_i/Y_i + \dots + 1. \quad (9)$$

Для ряда условных уравнений (7) можно записать

$$\left. \begin{aligned} \bar{\Delta}_1 &= aA_1/Y_1 + bB_1/Y_1 + cC_1/Y_1 + \dots + 1, \\ \bar{\Delta}_2 &= aA_2/Y_2 + bB_2/Y_2 + cC_2/Y_2 + \dots + 1, \\ \bar{\Delta}_3 &= aA_3/Y_3 + bB_3/Y_3 + cC_3/Y_3 + \dots + 1, \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Формула будет наиболее точно отражать экспериментальную зависимость, если сумма квадратов отклонений минимальна:

$$S = \bar{\Delta}_1^2 + \bar{\Delta}_2^2 + \bar{\Delta}_3^2 + \dots + \bar{\Delta}_n^2 = \min. \quad (11)$$

Минимальное значение S будет соответствовать превращению в нуль частных производных по величине постоянных коэффициентов a, b, c и т. д. Эти условия даются нормальными уравнениями вида

$$\left. \begin{aligned} a\Sigma A^2/Y^2 + b\Sigma AB/Y^2 + c\Sigma AC/Y^2 + \dots + \Sigma A/Y &= 0, \\ a\Sigma BA/Y^2 + b\Sigma B^2/Y^2 + c\Sigma BC/Y^2 + \dots + \Sigma B/Y &= 0, \\ a\Sigma CA/Y^2 + b\Sigma CB/Y^2 + c\Sigma C^2/Y^2 + \dots + \Sigma C/Y &= 0, \\ &\dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Очевидно, что число нормальных уравнений в (12) должно быть равно числу неизвестных искомых коэффициентов в формуле. Совместное решение системы уравнений (12) дает значение коэффициентов формулы, наиболее точно описывающей совокупность опытных данных.

Пусть, например, имеем уравнение вида

$$Y = a + bX + cX^2, \quad (13)$$

где a, b, c — постоянные коэффициенты, значения которых надо определить по ряду заданных значений исследуемой функции y и независимой переменной X . Система уравнений (12) для заданного уравнения (13) ($A = 1; B = X_1; X_2; X_3; C = X_1^2; X_2^2; X_3^2$) будет выглядеть так:

$$\left. \begin{aligned} a\Sigma 1/Y^2 + b\Sigma X/Y^2 + c\Sigma X^2/Y^2 - \Sigma 1/Y &= 0, \\ a\Sigma X/Y^2 + b\Sigma X^2/Y^2 + c\Sigma X^3/Y^2 - \Sigma X/Y &= 0, \\ a\Sigma X^2/Y^2 + b\Sigma X^3/Y^2 + c\Sigma X^4/Y^2 - \Sigma X^2/Y &= 0. \\ \dots \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Решение системы уравнений (14) относительно постоянных коэффициентов a, b и c может быть осуществлено с помощью ЭВМ.

Рассмотрим особенности разработанных нами программ практических расчетов на ЭВМ «Наири-2» с использованием формул (2) и (3).

Формула (2) может быть приведена к виду квадратного уравнения (13) при обозначении $\psi = Y$ и $1/\sqrt{Re} = X$. В программе № 1 расчета постоянных коэффициентов A, B и C_d в формулу (2) введены следующие обозначения: $t_i = Re; Z_i = \psi; X_0 = A; X_1 = B; X_2 = C_d; Y = \psi_p; \Lambda = \sqrt{(1 - \psi_p/\psi_0)^2}; H = 1/n \sqrt{(1 - \psi_p/\psi_0)^2}; \psi_p$ — расчетное значение; ψ_0 — опытное значение независимой переменной величины; n — число вводимых пар Re и ψ .

При расчете по программе № 1 после введения числа, равного числу вводимых пар Re и ψ за вычетом единицы, значений $t_i = Re_i$ и $Z_i = \psi_i$, на печать выводятся: значения постоянных коэффициентов $A = X_0, B = X_1, C_d = X_2$; значения относительных погрешностей между расчетными и опытными значениями Λ и среднее квадратическое отклонение $\sigma = H$.

Если обозначить $\psi = B_0/\sqrt{Re^2\psi}$ через Y , а $1/\sqrt{Re}$ через X , то формула (3) приводится к неполному квадратному уравнению в виде

$$Y = a + cX^2, \quad (15)$$

где $a = C_d; c = A$.

Система уравнений (12) для заданного уравнения (15) запишется в виде

$$\left. \begin{aligned} a\Sigma 1/Y^2 + b\Sigma X^2/Y^2 &= \Sigma 1/Y, \\ a\Sigma X^2/Y^2 + b\Sigma X^4/Y^2 &= \Sigma X^2/Y. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Порядок расчета при определении постоянных коэффициентов A , B и C_d в формуле (3) по программе № 2 следующий: вводится число, равное числу вводимых пар значений Re и ψ за вычетом единицы; вводится ряд значений $t_i = Re_i$ и $Z_i = \psi_i$, а также значения постоянных коэффициентов A и C_d (в программе № 2 они обозначались через o и l) из уравнения (2), определенные с помощью программы расчетов № 1; выводится на печать и вновь вводится значение коэффициента B_0 , исчисленное как среднее значение из уравнения (3) (в программе B_0 обозначали через v). Затем по методу наименьших квадратов уточняются и вновь вводятся постоянные коэффициенты A и C_d . Методом подбора расчеты повторяются до тех пор, пока не получим минимальное значение среднего квадратического отклонения (в программе оно обозначалось через H).

При практических расчетах коэффициентов гидравлического трения в технических трубах в большинстве случаев имеют дело с течением жидкостей при значительных числах Рейнольдса. В этих случаях первый член в формуле (2) выражает незначительную долю общего сопротивления среды. При стремлении же чисел Рейнольдса к малым значениям коэффициенты сопротивления принимают значения, близкие к расчетным по формуле Гагена—Пуазейля ($\psi = 16/Re$). Поэтому будет оправданным во всех случаях значение коэффициента A в формуле (2) принять постоянным и равным 64. Если обозначить теперь $\psi = 16/Re$ через Y , а $1/Re$ через X , то формула (2) приводится к линейному уравнению

$$Y + a + bX, \quad (17)$$

где $a = C_d$; $b = B$.

Система уравнений (12) для заданного уравнения (17) запишется в виде

$$\left. \begin{aligned} a\Sigma 1/Y^2 + b\Sigma X/Y^2 &= \Sigma 1/Y, \\ a\Sigma X/Y^2 + b\Sigma X^2/Y^2 &= \Sigma X/Y. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Для расчета постоянных коэффициентов B и C_d в формуле (2) с использованием системы уравнений (18) составлялась программа расчетов № 3, где введены частично новые обозначения: $B = X_0$; $C_d = X^2$.

В качестве примера приведем расчет скоростей свободного равномерного осаждения одиночных частиц керамзита ($\rho_T = 2000 \text{ кг/м}^3$) в воде ($t = 13^\circ\text{C}$) и коэффициентов гидравлического трения при на-

порном течении воды в новых стальных водогазопроводных и винипластовых трубах диаметром до 10 см. Расчет сделан по результатам наших экспериментальных исследований.

Сортировка частиц дробленого керамзита производилась на ситах с размерами ячеек 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 1,0; 2,0; 2,5; 3,0; 3,25; 3,5; 4,0; 5,0; 5,5 и 7,0 мм. Расчеты на ЭВМ показали, что скорости свободного равномерного осаждения частиц керамзита могут быть исчислены по формуле (4) при следующих значениях постоянных коэффициентов: $A=36,8$; $B_0=15,5$; $C_d=1,7$. При сопоставлении расчетных по формуле (4) и опытных данных (табл. 1) относительные отклонения не превысили 0,07 (7%).

Гидравлические испытания участков труб длиной 10 м производились на гидравлическом стенде при питании водой из напорного бака диаметром 1,4 м и высотой 5,5 м, снабженного переливной трубой для поддержания постоянного напора, а также из бака насосной станции, обеспечивающего напор в 10—12 м. Измерение потерь напора производилось с помощью пьезометров, а расходы воды измерялись объемным способом и с помощью треугольного водослива. Расчеты на ЭВМ по программе 3 и анализ опытных данных показали, что для новых бесстыковых стальных водогазопроводных труб большинство опытных точек независимо от диаметра труб ложится на кривую по формуле (2) при: $A=64$; $B=0,416$; $C_d=0,215$ (рис. 1). Эта же кривая является верхней, за пределы которой не выходят опытные точки. Нижней предельной кривой,

Таблица 1

Сопоставление расчетных по (4) и опытных данных о скоростях осаждения одиночных частиц керамзита ($\rho_T=2000 \text{ кг/м}^3$) в воде ($t=13^\circ\text{C}$)

№ п/п	Диаметр частиц, см	Скорость, см/с (опыт)	Скорость, см/с (расчет)	$\Delta = \sqrt{\left(\frac{V_p - V_0}{V_0}\right)^2}$
1	0,0358	2,46	2,30	0,065
2	0,045	3,28	3,04	0,070
3	0,0565	4,14	3,88	0,063
4	0,0815	5,56	5,48	0,014
5	0,150	9,10	8,80	0,033
6	0,225	11,0	11,57	0,052
7	0,275	13,3	13,11	0,014
8	0,3125	14,40	14,16	0,017
9	0,3375	14,58	14,82	0,016
10	0,3750	15,68	15,77	0,006
11	0,450	17,30	17,50	0,011
12	0,525	18,86	19,08	0,012

$$\Delta \rho_{\text{ср}} = 0,031$$

охватывающей разброс точек, является кривая по формуле (2) при: $A=64$; $B=0,98$; $C_d=0,0161$.

Опытные данные для винипластовых труб диаметром 3,0 и 4,8 см хорошо аппроксимируются кривой (2) при: $A=64$; $B=1,48$; $C_d=0,0113$.

Гидравлические испытания 10 м участка стеклянной трубы диаметром 5,7 см, составленной из отрезков в 2,5 м, соединенных муфтами, показали, что в данном случае следует принимать: $A=64$;

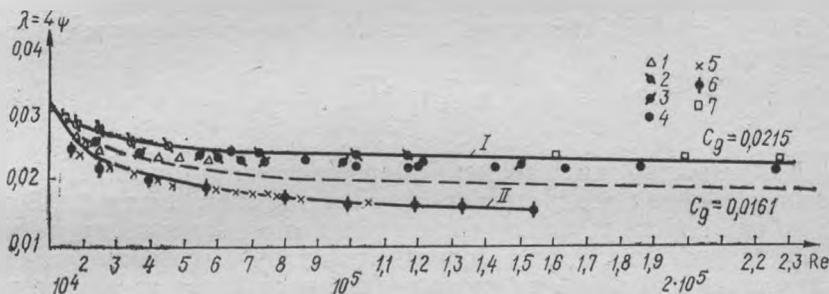


Рис. 1. Сопоставление расчетных по формуле (2) и опытных данных о коэффициентах гидравлического трения: I — трубы стальные новые (1 — $d=27,1$ мм, 2 — $d=40,5$, 3 — $d=50$, 4 — $d=103$, 7 — $d=86$ мм); II — трубы из винипласта (5 — $d=30$ мм, 6 — $d=48$ мм)

$B=0,91$; $C_d=0,0168$. Из этого следует, что и при трубах со стыками может быть применена формула (2). Однако значения коэффициентов гидравлического трения здесь значительно выше, чем в аналогичных бесстыковых трубах [3, 4].

Анализ результатов наших экспериментальных исследований и многих данных других авторов (4) показал, что связь между коэффициентами B и C_d в формуле (2) при расчетах коэффициентов гидравлического трения при движении жидкостей в напорных трубах круглого поперечного сечения может быть следующей:

$$B = 2,64 - 103C_d. \quad (19)$$

Литература

1. Кравцов М. В. Сопротивление свободному установившемуся движению сферы в вязкой среде.— ИФЖ, т. 15, № 3, 1968.
2. Кравцов М. В. Гидравлические сопротивления труб.— В сб.: Мелиорация переувлажненных земель. Мн., 1974.
3. Кравцов М. В. К расчету скорости осаждения наносов.— Известия вузов.— Энергетика, № 4, 1968.
4. Ходанович И. Е., Одишария Г. Э. Обобщающая зависимость для коэффициента гидравлического сопротивления.— Труды НИИ природных газов. Транспорт природных газов, вып. 29/37, 1967.

НАПОРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ В ТРУБАХ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ МАЛЫХ ЧИСЛАХ РЕЙНОЛЬДСА

Расчет величины потерь напора h_l на участке трубы круглого поперечного сечения диаметром D и длиной l при транспорте жидкостей со средней скоростью осуществляют по формуле Дарси-Вейсбаха

$$h_l = \lambda \frac{lV^2}{2gD} \quad (1)$$

Как известно, коэффициент гидравлического трения λ зависит от числа Рейнольдса и степени шероховатости стенок трубы. Однако до сих пор не установлен общий вид этой зависимости, не ясна природа гидравлических сопротивлений при напорном течении жидкостей в технических трубах. Требуется более детальное изучение характера опытных кривых $\lambda = f(Re, \delta/D)$ (здесь δ — средне-статистическое расчетное значение высоты выступов шероховатости).

Обратим внимание на некоторые опытные факты, которые либо уточняют существующие представления о характере опытных кривых, либо противоречат им.

В настоящее время принято считать, что для всех технических и тем более для гидравлически гладких труб в диапазоне чисел Рейнольдса до 2320 справедлив закон Гагена-Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (2)$$

где $Re = \frac{VD\rho}{\mu}$ — число Рейнольдса; ρ и μ — плотность и динамический коэффициент вязкости жидкости.

В результате же опытных измерений потерь напора в свинцовых трубках диаметром 7 мм и длиной 250, 500, 750, 1500, 3000 м, произведенных еще в XIX веке О. Мейером, было обнаружено, что кривая сопротивлений $\lambda = f(Re)$ имеет монотонно ниспадающий характер при числах Рейнольдса от 300 до 5000, а значения коэффициента сопротивления оказались значительно выше расчетных (рис. 1). Лишь при стремлении чисел Рейнольдса к весьма малым значениям опытная и расчетная по формуле (2) кривые сближаются.

На основе анализа результатов опытных данных О. Мейер пред-

лагал применять для расчета потерь напора трехчленную формулу, в которой первый член (закон Гагена-Пуазейля) выражает долю сопротивления, пропорциональную скорости, второй — долю сопротивления, пропорциональную корню квадратному из скорости, третий — долю сопротивления, пропорциональную квадрату скорости.

Результаты опытов О. Мейера дают очень важные сведения о характере кривых сопротивлений для гидравлически гладких труб. Поэтому нами предпринята попытка воспроизвести и расширить результаты подобных опытов. Для этих целей были смонтированы два кольцевых участка труб, уложенных вдоль 250-метрового пе-

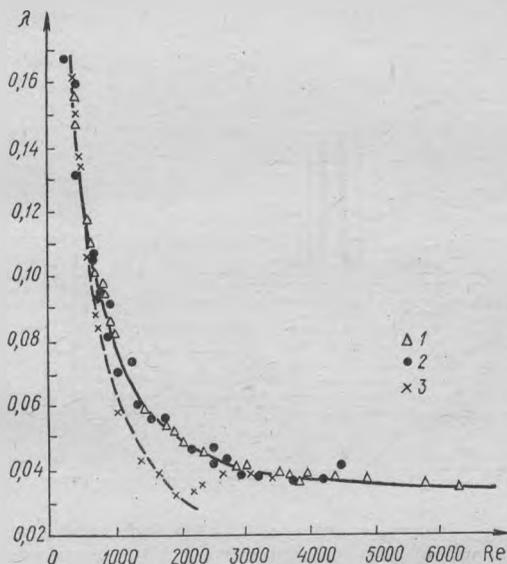


Рис. 1. Опытная зависимость $\lambda=f(\text{Re})$: 1—опыты автора в винипластовой трубе диаметром 18 мм; 2—опыты О. Мейера [3] в свинцовой трубе диаметром 7 мм; 3—опыты автора в стальной водогазопроводной трубе диаметром 15,7 мм. Пунктирная линия — кривая $\lambda=64/\text{Re}$

риметра здания. Первый участок длиной 417 м был устроен из поливинилхлоридной трубки внутренним диаметром 18 мм (изготовлен Белгород-Днестровским заводом медицинских изделий по техническим условиям ТУ 64-1-2813-75), второй — длиной 478 м из стальной водогазопроводной (газовой) трубы внутренним диаметром 15,7 мм (изготовлен по ГОСТу 3262-62).

Кольцевые участки труб питались водой из круглого бака диаметром 1,4 м и высотой 5,5 м (рис. 2), снабженного переливной

трубой для поддержания постоянного напора. Вода из трубок истекла под уровень воды в баке длиной 2,2 м и поперечным сечением $0,8 \times 0,8$ м. Трубку подводили в торец нижнего бака, в котором по ходу течения воды были устроены успокоительная камера с решеткой и треугольный водослив. Потери напора на расчетном участке трубы определяли по разности уровней воды в верхнем (питающем) и нижнем (приемном) баках. Расходы воды измеряли объемным способом.

При испытаниях предусматривались также уменьшение указанной выше длины кольцевых участков труб вдвое и измерение по-

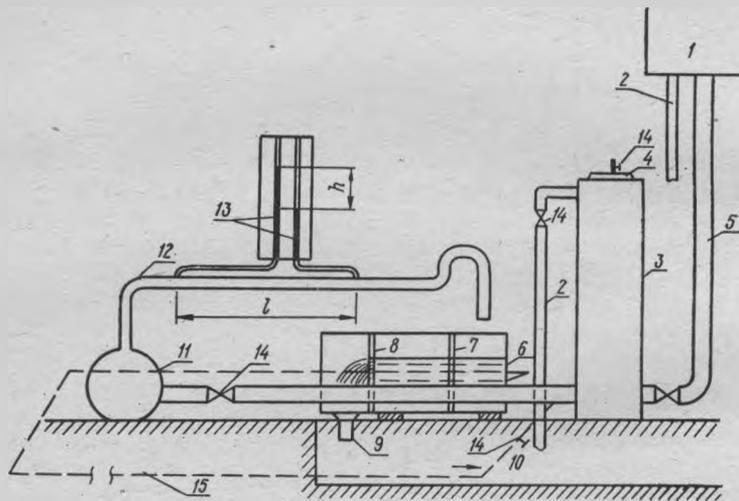


Рис. 2. Схема гидравлического стенда: 1 — бак насосной станции; 2 — переливная труба; 3 — водонапорный бак диаметром 1,4 м и высотой 5,5 м; 4 — люк; 5 — подающая труба; 6 — бак $0,7 \times 0,9 \times 2,2$ м; 7 — успокоительная сетка; 8 — треугольный водослив; 9 — слив; 10 — водоотводящий канал; 11 — расширитель диаметром 0,6 м и длиной 0,8 м; 12 — испытываемый участок трубы; 13 — пьезометры; 14 — вентили, задвижки; 15 — кольцевые участки трубы

терь напора по длине на прямом участке длиной 10 м с помощью двух пьезометров (рис. 2). Это давало возможность не только расширить пределы измерения, но и оценить величину местных сопротивлений на кольцевых участках труб.

Кольцевой участок из поливинилхлоридной трубки имел следующие местные сопротивления: вход, выход, вентиль и плавные повороты радиусом не менее 1,5 м. Измерение потерь напора при равных значениях чисел Рейнольдса на кольцевом и прямом участке поливинилхлоридной трубки показало, что величина местных по-

терь по сравнению с величиной потерь по длине незначительна и ею можно пренебречь. Кольцевой же участок из стальной трубы имел следующие местные сопротивления: выход, вход, вентиль и один поворот под 90° на каждые 30 м длины. В этом случае местные потери напора оказались значительными. Суммарный коэффициент местных потерь $\Sigma \zeta$ был определен путем измерения при одной и той же скорости суммарных потерь напора Σh в кольцевом

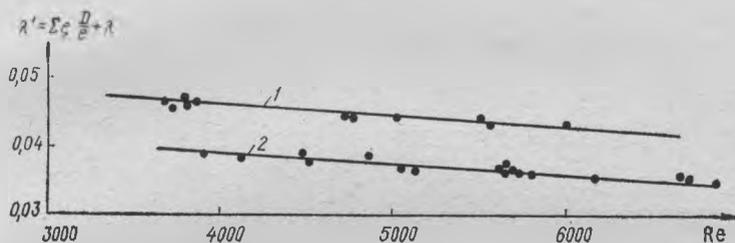


Рис. 3. Гидравлические сопротивления в стальной водогазопроводной трубе диаметром 15,7 мм: 1 — кольцевой участок длиной 241 м (1 поворот под 90° на 30 м длины); 2 — прямой участок длиной 10 м (без местных сопротивлений)

участке и потерь напора по длине на прямом участке трубы (без местных потерь) h_l и использования формулы

$$\Sigma h = \lambda' \frac{lV^2}{D2q}, \quad (3)$$

где $\lambda' = \Sigma \zeta \frac{D}{l} + \lambda$; $\lambda = \frac{h_l D 2q}{lV^2}$.

Измерения показали (рис. 3), что в кольцевом участке стальной трубы $\Sigma \zeta = 1,075$.

При гидравлических испытаниях труб в отдельных случаях для расширения пределов измерения питание водой осуществлялось из бака насосной станции 1 (рис. 2) при герметическом закрытии люка 4 в напорном баке 3. В этом случае напор в начальной точке трубы достигал 10—12 м.

Результаты опытных измерений величин коэффициентов гидравлического трения по длине в поливинилхлоридной, а также в стальной водогазопроводной трубе представлены на рис. 1 и 3. Анализ результатов опытных измерений полностью подтвердил выводы, сделанные ранее при анализе результатов исследований О. Мейера. Действительно, кривая гидравлических сопротивлений $\lambda = f(Re)$ для гидравлически гладкой трубы имеет монотонно ниспадающий характер и при числах Рейнольдса менее 200—300 близ-

ко подходит к кривой Гагена-Пуазейля ($\lambda=64/Re$). При числах Рейнольдса свыше 500 опытные значения коэффициентов гидравлического трения превышают расчетные по формуле (2).

Иная картина наблюдается при движении воды в стальной водогазопроводной трубе. При числах Рейнольдса до 2000 в этом случае кривая сопротивлений совпадает с кривой Гагена-Пуазейля, а коэффициент гидравлического трения λ снижается до 0,031. Далее кривая $\lambda=f(Re)$ имеет плавный подъем до значения $\lambda=0,039$ при $Re=4000$, а затем плавно снижается до значений $\lambda=0,035$ при $Re=7000$ (рис. 3).

В. Н. ЯРОМСКИЙ, П. П. СТРОКАЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИАКРИЛАМИДА НА КОРРОЗИЮ СТАЛИ

Защита от коррозии стали является большой народнохозяйственной задачей.

В настоящее время существует множество методов защиты металлов от коррозии, основанных на применении защитных покрытий (на органической и неорганической основе, металлические покрытия), на применении конструктивных металлических материалов повышенной коррозионной стойкости, обработке коррозионной среды, понижающей ее коррозионную активность, электрохимической защите и т. д. Однако ни один из разработанных методов не является универсальным. Это приводит к значительным ежегодным потерям металла, выходу из строя ценнейших приборов и аппаратуры и нарушению технологических процессов. Кроме того, выделяемые продукты коррозии резко ухудшают качество питьевой и технической воды.

В поисках более эффективного способа решения важной проблемы нами исследовано влияние магнитной обработки водных растворов полиакриламида на коррозию стали. Для опытов использована водопроводная вода (табл. 1).

Водопроводную воду с содержанием 0,08%-ного раствора полиакриламида (ПАА) пропускали через электромагнитное поле. Аналогичные исследования проводили без обработки в электромагнитном поле. Все элементы лабораторной установки (рис. 1), соприкасающиеся с водой, выполнены из пластмассы. Скорость движения жидкости в замкнутой системе составляла 0,269 м/с. Темпе-

Показатели качества водопроводной воды

Качественные	Количественные	Качественные	Количественные
Активная реакция (рН)	7,6	Кислород, мг/л	8,3
Жесткость, мг-экв/л		Кальций, мг/л	57,1
общая	5,75	Магний, мг/л	35,4
карбонатная	4,60	Хлориды, мг/л	28,0
некарбонатная	1,45	Железо общее, мг/л	6,4
Щелочность, мг-экв/л	3,45	Сухой остаток, мг/л	237,6
Углекислота, мг/л	2,8		

ратура воды поддерживалась с помощью термостата постоянной +18°C. Во избежание перегрева двигателя в схему включался вентилятор.

В качестве образцов применялись стальные пластинки 3,0×1,1×0,15 см с общей площадью поверхности 7,83 см² и массой 3,6 г. Образцы перед исследованием обезжиривали ацетоном, про-

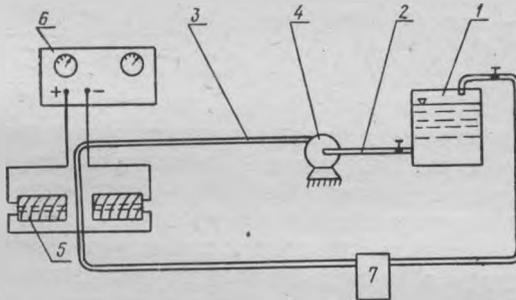


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — бак; 2 — всасывающий трубопровод; 3 — напорный; 4 — центробежный насос; 5 — электромагнит; 6 — выпрямитель; 7 — термостат

травливали в течение 10 мин 10%-ным раствором H₂SO₄, высушивали и взвешивали с точностью до 0,0001 г.

Проведено четыре серии опытов, в каждой из которых на протяжении 72 ч исследовали 12 образцов. Через 12—24 ч образцы извлекали, промывали проточной водопроводной водой, очищали от продуктов коррозии, высушивали и взвешивали.

Характер коррозии определяли визуально, количественную ее оценку вычисляли по скорости коррозии $M_{m_0}^-$ в г/м²·ч:

$$M_{m_0}^- = \frac{M_1 - M_2}{FT},$$

где M_1 , M_2 — масса образца до и после опыта, г; F — площадь поверхности образца, m^2 ; T — продолжительность опыта, ч.

Результаты исследований представлены в виде кривых, отражающих зависимость скорости коррозии стали от времени ее контакта с жидкостью.

Как видно из графика (рис. 2), в начальный период эксперимента скорость коррозии стали в растворе с 0,08%-ной концентрацией ПАА после магнитной обработки была достаточно высокой и после 12 ч эксперимента составляла 0,93 г/м²·ч (кривая 1). Уве-

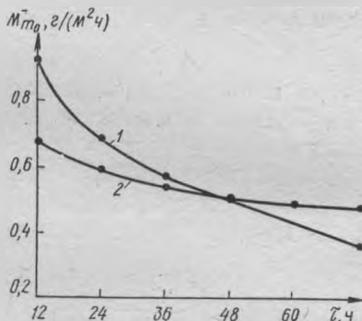


Рис. 2. Зависимость скорости коррозии стали от продолжительности контакта ее с жидкостью: 1 — вода с 0,08%-ным раствором ПАА после обработки в магнитном поле; 2 — вода с 0,08%-ным раствором ПАА

личение времени контакта стали с раствором приводило к резкому замедлению процесса. Так, после 72 ч контакта стали с раствором скорость коррозии составляла 0,38 г/м²·ч и при дальнейшем увеличении времени контакта продолжала снижаться. Увеличение скорости коррозии стали в начальный период времени, по нашему мнению, объясняется повышенным доступом анионов раствора к поверхности стали за счет устранения с ее поверхности твердых отложений нерастворимых солей в результате магнитной обработки воды. В дальнейшем поверхность стали обволакивалась раствором ПАА, что приводило к снижению скорости коррозии.

На ориентацию ионов ПАА влияет электромагнитное поле, ускоряя процесс образования защитной пленки, изменяя поверхностное натяжение, вязкость, электропроводность, смачивающую способность и т. д.

В аналогичных условиях скорость коррозии стали без магнитной обработки воды в начальный период времени была меньшей и составляла после 12 ч контакта стали с раствором 0,7 г/м²·ч. Однако в дальнейшем скорость коррозии снижалась более монотонно, и после 72 ч контакта наступала стабилизация процесса. Очевидно, в этом случае образующиеся по поверхности стали микрогальваниче-

ские пары за счет отложений солей жесткости и других химических соединений способствовали коррозии, а доступ ПАА в качестве защитного слоя затруднялся.

Масса образцов стали после электромагнитной обработки раствора возрастала за счет активного обволакивания их поверхности ПАА. Коррозия поверхности образцов была равномерной, сплошной.

На основании изложенного можно сделать вывод, что электромагнитная обработка разбавленных растворов ПАА может быть эффективным способом защиты стали от коррозии.

Э. Г. КОТОВИЧ, А. Л. ГУЛЕВИЧ, Л. Ф. ЩАНОВСКАЯ,
З. С. НЕСТОЙТЕР

ПОДБОР ДОЗЫ КОАГУЛЯНТА ДЛЯ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ И ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ МУХАВЦА

Качество воды имеет большое значение при крашении в отделочном производстве. Содержание железа в этой воде не должно превышать 0,1 мг/л.

Однако в воде р. Мухавец, поступающей на некоторые предприятия г. Бреста, содержатся вещества минерального, органического происхождения и микроорганизмы: взвешенные вещества — 17 мг/л, сухой остаток — 680 мг/л, цветность — 50—60°, кислотность — 0,6 мг-экв/л, жесткость общая — 3—4 мг-экв/л, жесткость карбонатная — 3 мг-экв/л, перманганатная окисляемость — 10—14 мг-экв/л, железо общее 1—2 мг/л, сульфаты — 14—15 мг/л, хлориды — 7 мг/л, гуминовые кислоты — 17—18 мг/л, фульвокислоты — 55—65 мг/л, рН — 7,0—7,2.

Для удаления этих веществ необходим подбор коагулянта и его дозы. В качестве коагулянтов применяли сульфат алюминия, хлорид железа и смешанный коагулянт, в качестве флокулянта — полиакриламид (ПАА).

В работе были использованы приборы: рН-метр-рН-340, фотоэлектроколориметр ФЭК-М-56. Цветность воды определяли по дихромат-кобальтовой шкале, окисляемость — по методу Кубеля в кислой среде, рН — с помощью рН-метра-рН-340; концентрацию ионов железа — роданидным методом на ФЭК-М-56, светофильтр № 5 ($\lambda = 490$ нм), длина кюветы 3 см [1, 2].

Дозу коагулянта и флокулянта подбирали по следующей методике [3]. В цилиндры наливали по 500 мл исследуемой воды, вводили разные количества коагулянта в зависимости от дозы, рас-

считанной по формуле: $D_k = 4\sqrt{Ц}$, где D_k — доза коагулянта, мг/л; $Ц$ — цветность воды в градусах дихромат-кобальтовой шкалы. После интенсивного перемешивания проводили наблюдение за хлопьеобразованием, обесцвечиванием воды, скоростью оседания хлопьев. Через 40 мин после введения коагулянта пипеткой отбирали верхнюю часть раствора и определяли в нем рН, цветность, содержание железа, перманганатную окисляемость.

Опыты по определению оптимальной дозы коагулянтов проводили с использованием сульфата алюминия, хлорида железа и смешанного коагулянта.

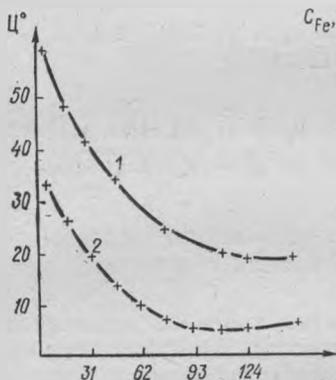


Рис. 1. Зависимость цветности воды от концентрации коагулянта сульфата алюминия: 1 — без ПАА; 2 — в присутствии ПАА

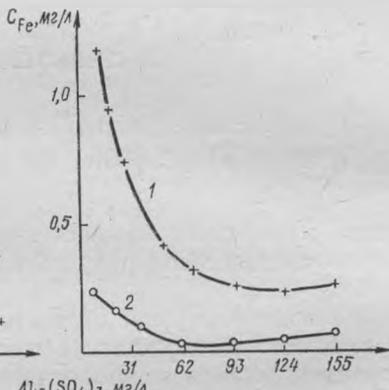


Рис. 2. Зависимость остаточного железа в воде от концентрации коагулянта сульфата алюминия: 1 — без ПАА; 2 — в присутствии ПАА

1. В качестве коагулянта использовали 2,5%-ный раствор сульфата алюминия. Опытным путем установили, что с увеличением дозы коагулянта с 1,5 до 155 мг/л $Al_2(SO_4)_3$ цветность снижалась с 60 до 20°, содержание железа уменьшалось до 0,250 мг/л, возрастала скорость хлопьеобразования. При использовании сульфата алюминия в качестве коагулянта наблюдалось лишь частичное обезжелезивание, остаточные концентрации железа довольно велики и намного превышали нормы, указанные в требованиях к технологической воде.

Для более полного обезжелезивания обрабатывали воду 2,5%-ным раствором коагулянта сульфата алюминия в присутствии флокулянта 0,1%-ного раствора полиакриламида [4]. Через 2 мин после добавления коагулянта в исследуемую воду добавляли 1 мл

0,1%-ного раствора ПАА и интенсивно перемешивали. Образование и оседание хлопьев при этом ускорялось. Цветность воды уменьшалась до 5° (рис. 1) и значительно уменьшалось содержание остаточного железа (рис. 2). Глубокое, практически полное обезжелезивание воды наблюдалось при дозе коагулянта 62 мг/л и дозе ПАА 0,5 мг/л.

2. В качестве коагулянта использовали раствор хлорида железа концентрации 1000 мг/л.

Опытным путем установили, что с увеличением дозы коагулянта с 10 до 130 мг/л хлорида железа цветность воды снижалась до

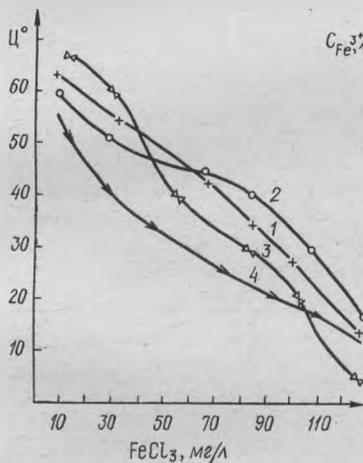


Рис. 3. Зависимость остаточной цветности воды от концентрации введенного коагулянта хлорида железа (III): 1 — без ПАА; 2 — в присутствии ПАА; 3 — в присутствии KMnO_4 ; 4 — в присутствии KMnO_4 и ПАА

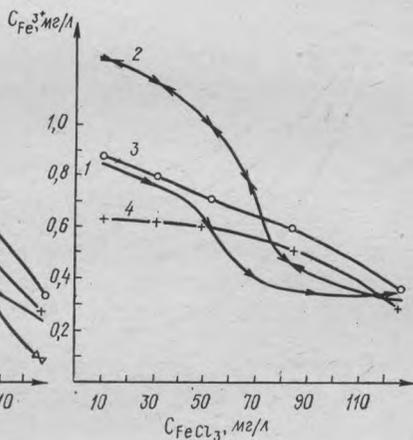


Рис. 4. Зависимость содержания остаточного железа в воде от концентрации введенного коагулянта: 1 — без ПАА; 2 — в присутствии ПАА; 3 — в присутствии KMnO_4 без ПАА; 4 — в присутствии KMnO_4 с ПАА

20° (рис. 3), содержание железа уменьшалось до 0,30—0,35 мг/л (рис. 4). Хлопья образовывались медленно. Добавление ПАА в качестве флокулянта не изменяло цветность воды р. Мухавец и содержание в ней железа.

Для разрушения устойчивых комплексов органических соединений воды применили действие коагулянта с предварительным мanganированием. Доза перманганата калия была определена опытным путем и составила 4 мг/л, железа оставалась такой же, как и при действии одного коагулянта. Использование коагулянта FeCl_3 в

присутствии ПАА (0,5 мг/л) и $KMnO_4$ (4 мг/л) снижало цветность воды до 10° , а содержание железа — до 0,3 мг/л.

3. В качестве смешанного коагулянта использовали раствор смеси сульфата алюминия и хлорида железа в соотношении 1:1 концентрации 10 г/л.

Опытным путем установили, что с увеличением дозы смешанного коагулянта с 10 до 130 мг/л цветность воды снижалась с 70° до 45° (рис. 5), содержание железа сначала возрастало, а затем медленно уменьшалось (рис. 6).

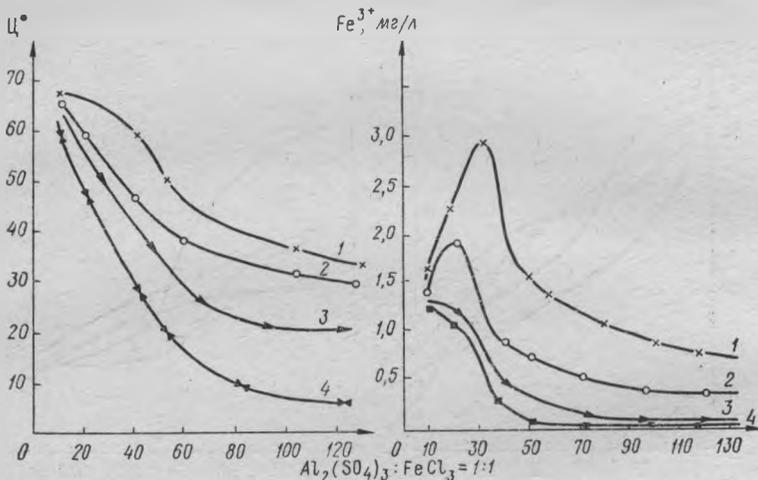


Рис. 5. Зависимость цветности воды от концентрации смешанного коагулянта: 1 — без ПАА; 2 — в присутствии ПАА; 3 — в присутствии $KMnO_4$; 4 — в присутствии $KMnO_4$ и ПАА

Рис. 6. Зависимость содержания железа в воде от концентрации смешанного коагулянта: 1 — без ПАА и $KMnO_4$; 2 — в присутствии ПАА; 3 — в присутствии $KMnO_4$; 4 — в присутствии $KMnO_4$ и ПАА

При концентрации коагулянта до 30 мг/л хлопьеобразования не замечалось, при дальнейшем увеличении концентрации коагулянта интенсивность хлопьеобразования возрастала.

Для более полного обезжелезивания и обесцвечивания проводили коагуляцию в присутствии ПАА. Образование и оседание хлопьев заканчивалось через 15—20 мин при концентрациях коагулянта более 50 мг/л, при меньших концентрациях коагуляция протекала очень медленно. Предварительное добавление $KMnO_4$ к исследуемой воде без ПАА приводит к глубокому обезжелезиванию и обесцвечиванию воды.

Литература

1. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод.— М., 1973.
2. Алекин О. А., Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу вод суши.— М., 1973.
3. Руденко Г. Г., Гороновский И. Т. Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях.— Киев, 1976.
4. Вейцер Ю. И., Минц Д. М. Высокомолекулярные флокулянты в процессе очистки воды.— М., 1975.

Э. Г. КОТОВИЧ, Г. А. ФИЛИПЧУК

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА В ВОДЕ ХРОМАТОФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Определение малых концентраций хрома затруднено содержанием в воде восстановителей и окрашенных органических соединений.

Поверхностные, подземные воды и воды источников питьевого водоснабжения содержат хром в виде природных нетоксичных соединений хрома [1]. Соединения хрома попадают в природные воды при загрязнении их сточными водами предприятий. Для устранения влияния этих веществ выделяли и концентрировали соединения хрома из природных и сточных вод на ионообменных смолах ЭДЭ-10П и АН-2Ф-Н, заряженных в СI- и ОН-формы [2].

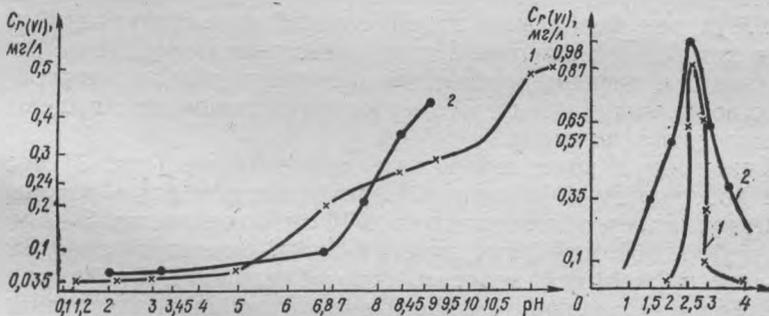


Рис. 1. Зависимость содержания остаточного хрома (VI) в фильтрате от величины pH: 1 — ЭДЭ-10П в СI-форме; 2 — ЭДЭ-10П в ОН-форме

Рис. 2. Зависимость содержания хрома (VI) в элюате от концентрации элюанта NaOH: 1 — ЭДЭ-10П в СI-форме; 2 — ЭДЭ-10П в ОН-форме

Для определения соединений хрома использовали фотоэлектроколориметрический метод с дифенилкарбазидом на ФЭК-56М [3].

В работе были подобраны оптимальные значения рН для сорбции анионитами соединений хрома. Анионит ЭДЭ-10П в Cl-форме лучше сорбирует ионы хрома при рН от 1 до 5, анионит ЭДЭ-10П в OH-форме — при рН от 2 до 6,8 (рис. 1), анионит АН-2Ф-Н в Cl-форме — при рН от 2,9 до 7,5 (рис. 2).

Для элюирования ионов хрома использовали растворы гидроксида натрия, соляной кислоты, серной кислоты, ацетата натрия,

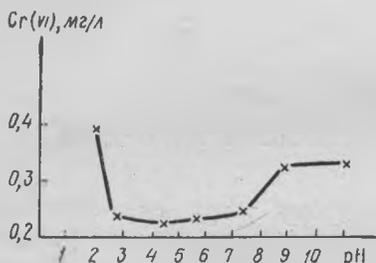


Рис. 3. Зависимость содержания остаточного хрома (VI) в фильтрате от величины рН для анионита АН-2Ф-Н в Cl-форме

цитрата натрия. Наибольшую способность элюировать ионы хрома с анионита ЭДЭ-10П в Cl-форме и OH-форме проявляет 2,5 н. раствор NaOH (рис. 3), с анионита АН-2Ф-Н в Cl-форме — 3,5 н. раствор NaOH.

Выделение и концентрирование соединений хрома методом ионнообменной хроматографии на анионитах ЭДЭ-10П и АН-2Ф-Н производили при определении содержания хрома в природной воде р. Мухавец, колодезной воде и сточной воде предприятий города после химической очистки. Непосредственное определение хрома в этих водах с дифенилкарбазидом невозможно из-за высокой цветности воды, значительного содержания органических веществ, малой концентрации хрома.

Выделение и концентрирование ионов хрома (рис. 3) производили по следующей методике. Через ионнообменную колонку, заполненную слоем анионита высотой 10 см, со скоростью 3—5 мл/мин пропускали 500 мл анализируемой воды, имеющей определенное значение рН, которое зависело от сорбционной способности анионита. Колонку с анионитом промывали 50 мл дистиллированной воды. Элюирование ионов хрома производили 20 мл раствора NaOH (2,5 н. NaOH для ЭДЭ-10П в Cl- и OH-формах и 3,5 н. NaOH для АН-2Ф-Н в Cl-форме) со скоростью 1 мл/мин.

Содержание ионов хрома в элюате определяли фотоэлектроколориметрическим методом с дифенилкарбазидом [3].

Литература

1. Грушко А. Я., Ядовитые металлы.— М., 1972.
2. Шемякин Ф. М., Степин В. В. Ионнообменный хроматографический анализ металлов.— М., 1965.
3. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод.— М., 1974.

В. П. КАЛИТА, П. С. ПОЙТА

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОРРЕКТИРОВКИ СВОЙСТВ ОСАДКА ПЕРЕД ОБЕЗВОЖИВАНИЕМ

Существует ряд способов регулирования свойств осадка перед обезвоживанием. В связи с тем что эти способы могут применяться не только индивидуально, но и совместно, возрастает интерес к исследованиям по корректировке свойств конкретных осадков.

Нами исследовался осадок, образующийся в процессе реагентной очистки стоков гальванического цеха Брестского электромеханического завода. Здесь поступающие на очистные сооружения хромсодержащие стоки обезвреживаются бисульфитом натрия и затем нейтрализуются (совместно с кислотно-щелочными) известковым молоком. Выделение взвешенных веществ из очищенных сточных вод осуществляется в вертикальном отстойнике. Осадок обезвоживается на вакуум-фильтрах.

Поступающий на вакуум-фильтры осадок характеризуется следующими показателями: влажность — 90—97%; содержание минеральных веществ — 67—87%; содержание органических веществ — 13—33%; концентрация твердой фазы — 0,03—0,1 г/см³; удельное сопротивление фильтрованию — $9,4 \cdot 10^{10}$ — $23 \cdot 10^{10}$ см/г.

В процессе эксплуатации вакуум-фильтров с величиной разрежения 0,5—0,6 кг/см² (число оборотов барабана — около 1 в минуту) не достигалась нормальная их работа: плохо отделялся кэк от фильтровальной ткани, толщина его слоя была минимальной. Изменение величины разрежения и числа оборотов барабана не привело к улучшению его работы.

Единственным путем повышения производительности оказался метод корректировки свойств осадка перед обезвоживанием. В связи с этим опробовано введение коагулянтов, в качестве которых применяли хлорное железо (отход травильного участка предприятия) и известковое молоко. Дозы реагентов принимали в процентах от концентрации сухого вещества осадка. Изучение процесса обез-

воживания осадка фильтрованием осуществляли на лабораторной установке по общепринятым методикам [1].

Обработку осадка хлорным железом вели дозами 0,25; 0,5; 1,0; 1,5%, известковым молоком — 5,0; 8,0; 12,0 и 15,0%. Опробовали также методику последовательного введения в осадок хлорного железа и известкового молока соответственно в дозах 0,25 и 8,0; 0,25 и 5,0; 0,5 и 12,0%. Все исследования проводили при разряжении 400 мм рт. ст. до полного прекращения процесса обезвоживания.

Хлорное железо, введенное в осадок, вспенивало его, увеличивался объем, изменялась структура. Обезвоженный осадок имел рыхлую, пористую структуру. Кэк, полученный после корректировки осадка известковым молоком, имел плотную структуру. Совместная обработка осадка хлорным железом и известковым молоком также приводила к некоторому улучшению течения процесса обезвоживания. Во всех случаях кэк легко отделялся от фильтровальной ткани. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Анализ данных показывает, что наиболее целесообразно применение известкового молока дозой 12—15% от сухого вещества осадка. Увеличение производительности вакуум-фильтров в этом случае происходит не только за счет уменьшения времени фильтрационного цикла, но и за счет увеличения концентрации сухих веществ осадка

Таблица 1

Зависимость производительности вакуум-фильтра от режима обработки осадков

Режим обработки осадка	Доза реагента, %	Влажность осадка, %	Время фильтрационного цикла, мин	Удельное содержание противление $r \cdot 10^{10}$, см/г	Влажность кэка, %	Толщина слоя кэка, мм	Производительность, кг/м ² ·ч
Необработанный осадок	—	92	6,0	13,48	77,2	3	16,2
Обработка раствором хлорного железа	0,25	92	6,5	14,15	78,2	9	14,85
	0,5	92	7,0	14,15	78,4	10	14,40
	1,0	92	10,0	14,83	78,4	11	12,96
	1,5	92	20,0	62,68	83,1	12	7,9
известковым молоком	5,0	92	4,0	9,97	76,4	9	23,0
	8,0	92	4,0	9,57	76,2	9	23,5
	12,0	92	4,0	9,09	76,2	9	24,0
	15,0	92	4,0	8,82	76,0	9	24,3
хлорным железом и известковым молоком	0,25+5,0	92	5,0	14,15	79,6	9	19,44
	0,25+8,0	92	5,0	14,83	78,7	11	23,76
	0,25+12,0	92	5,0	62,68	79,8	12	25,52

Зависимость производительности вакуум-фильтров от типа коагулянтов

Режим обработки осадка	Доза реагента, %	Влажность осадка, %	Время фильтроцикла, мин	Удельное сопротивление, $г \cdot 10^{10}$, см/г	Влажность кэка, %	Толщина слоя кэка, мм	Производительность, кг/м ² ·ч
Необработанный осадок	—	99	9	160,6	87,5	1,5	0,33
Обработка известковым молоком	5	99	7	132,14	85,4	2	0,43
	15	99	7	82,3	90,3	2	0,55

от поступающего реагента. Применение хлорного железа не привело к улучшению свойств осадка.

Исследовалась также возможность корректировки свойств осадка, полученного после электрохимического обезвреживания промывных хромсодержащих стоков. Сделана попытка применения для этих целей отработанного хлорного железа и известкового молока.

При обезвреживании необработанного осадка образуется тонкий слой кэка, который имеет значительное удельное сопротивление фильтрованию. Длительность фильтроцикла большая, а кэк плохо отделяется от фильтровальной ткани. Обработка осадка известковым молоком перед обезвреживанием позволяет снизить удельное сопротивление фильтрованию и время фильтроцикла.

Применение хлорного железа совместно с известковым молоком привело к разделению осадка на три слоя. Нижний слой быстро забивал поры фильтровальной ткани, и осадок не обезвреживался.

Результаты работы вакуум-фильтра по обезвреживанию скорректированного осадка после электрокоагулятора представлены в табл. 2.

Результаты исследований показывают, что наиболее подходящим коагулянтом при корректировке обоих осадков является известковое молоко. Применение методов регулирования свойств осадка позволяет повысить производительность работы вакуум-фильтров.

Литература

1. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод.— М., 1975.

СОРБЦИЯ МЕДИ НА ИОНИТЕ «ВОФАТИТ»

Статику ионного обмена изучали в изотермических условиях. Изотермы сорбции строили методом переменных концентраций в координатах: статическая обменная емкость (СОЕ) — начальная концентрация раствора ($C_{\text{нач}}$) и статическая обменная емкость — равновесная концентрация раствора ($C_{\text{равн}}$).

Опыты проводили с раствором медного купороса в дистиллированной воде, содержащим от 50 до 2500 мг/л ионов меди.

Кинетику ионного обмена изучали на лабораторной установке, состоящей из двух стеклянных колонок диаметром 25 мм. Вес смолы в каждой колонке 10 г, высота слоя загрузки 60 мм.

Исследования проводили с растворами, содержащими 10, 50, 65, 100 и 555 мг/л ионов меди.

Исследовали влияние скорости фильтрования на процесс сорбции меди. Контроль за процессом сорбции вели по проскоку (на качественную реакцию) иона меди, а также определение ионов меди в фильтрате. Концентрацию меди находили колориметрическим методом с применением диэтилдитиокарбомата натрия [1], величину СОЕ — по изотермам сорбции.

Установлено, что СОЕ увеличивается с увеличением концентрации внешнего раствора (табл. 1). Величина максимальной СОЕ,

Таблица 1

*Результаты экспериментов по сорбции ионов меди
в динамических условиях**

№ п/п	V, м/ч	C ₀ , мг/л	W, л	Время, мин		Г, гм-экв/л		R, мин ⁻¹
				до про- скока	полное	ДОЕ	ПДОЕ	
1	15	100	15,2	37,6	127,5	0,76	2,15	0,00639
2	15	50	31,2	26,0	256,0	0,25	1,756	0,00278
3	10	50	22,0	140,0	280,0	0,85	1,51	0,00192
4	10	100	18,4	25,0	240,0	0,25	2,31	0,00389
5	5	100	12,0	145,0	325,0	0,85	1,75	0,00201
6	1	555	4,35	296,0	494,0	2,32	3,58	0,00567
7	5	50	25,8	435,0	645,0	1,37	1,95	0,00124
8	1	100	11,72	1170	1440	1,5	1,81	0,00049
9	15	10	116,6	445	905	0,97	1,48	0,00068
10	10	65	21,6	150	270	1,23	2,03	0,003

* За момент проскока принято появление следовых количеств металла в фильтрате.

полученной в наших опытах, для смолы «Вофатит» по иону Cu^{2+} равна 3,65 мг-экв/г сухой смолы.

Величину динамической обменной емкости до проскока ионов меди в фильтрат (ДОЕ) и полной динамической обменной емкости (ПДОЕ), т. е. до выравнивания концентрации ионов меди в поступающем и вытекающем растворах, определяли по выходным кривым, которые представлены на рис. 1.

По результатам опытов установлено, что величина ПДОЕ возрастает с увеличением концентрации внешнего раствора. Рабочая

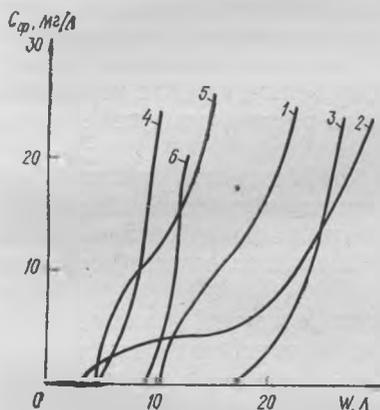


Рис. 1. Выходные кривые сорбции ионов меди на катионите «Вофатит» в динамических условиях: 1 — $C_0=50$ мг/л, $v=10$ м/ч; 2 — $C_0=50$ мг/л, $v=15$ м/ч; 3 — $C_0=50$ мг/л, $v=5$ м/ч; 4 — $C_0=100$ мг/л, $v=5$ м/ч; 5 — $C_0=100$ мг/л, $v=15$ м/ч; 6 — $C_0=100$ мг/л, $v=1$ м/ч

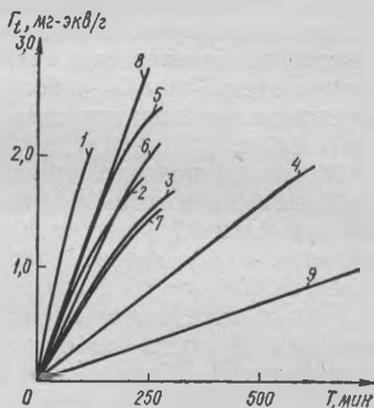


Рис. 2. Зависимость количества сорбированных ионов меди от продолжительности контакта: 1 — $C_0=100$ мг/л, $v=15$ м/ч; 2 — $C_0=50$ мг/л, $v=15$ м/ч; 3 — $C_0=50$ мг/л, $v=5$ м/ч; 4 — $C_0=100$ мг/л, $v=5$ м/ч; 5 — $C_0=50$ мг/л, $v=5$ м/ч; 6 — $C_0=100$ мг/л, $v=10$ м/ч; 7 — $C_0=65$ мг/л, $v=10$ м/ч; 8 — $C_0=50$ мг/л, $v=10$ м/ч; 9 — $C_0=555$ мг/л, $v=1$ м/ч; 9 — $C_0=100$ мг/л, $v=1$ м/ч

обменная емкость до проскока металла в фильтрат мало зависит от концентрации внешнего раствора.

Важной характеристикой при выборе марок ионообменных смол является избирательность (селективность) их по отношению к различным ионам металлов.

Селективность ионного обмена определяется коэффициентом распределения λ , который показывает относительное содержание ионов в фазах раствора и ионита в условиях равновесия, т. е.

$$\lambda = \frac{\Gamma_A}{C_A}, \quad (1)$$

где Γ_A — содержание иона А в ионите; C_A — содержание иона А в растворе.

Коэффициент распределения находился по изотерме сорбции.

В исследованиях установлено, что при равновесной концентрации до 60 мг/л, что соответствует примерно 450 мг/л внешнего раствора, СОЕ ионита прямо пропорциональна величине C , т. е. величина $\lambda = \text{const}$. С увеличением равновесной концентрации (более 150 мг/л) изотерма имеет вид выпуклой кривой, которая асимптотически приближается к величине полной обменной емкости смолы, причем здесь (при $C_{\text{равн}}$ больше 900 мг/л) величина СОЕ уже меньше зависит от концентрации равновесного раствора и λ изменяется опять мало.

В данных исследованиях величину коэффициента распределения λ находили лишь для начального прямого участка изотермы, так как концентрация меди в сточных водах обычно не превышает 500 мг/л. Коэффициент распределения λ для исследуемой системы равен 1750.

При выборе марок ионообменных смол следует обращать внимание на скорость сорбции металлов, которая характеризует кинетику процесса. Кривые кинетики сорбции представлены на рис. 2.

Кинетика ионного обмена описывается уравнением

$$\Gamma_t^A = \Gamma_0^A (1 - e^{-Rt}), \quad (2)$$

где Γ_t^A — количество сорбированных ионов А единицей веса смолы к моменту времени t ; Γ_0^A — величина обменной емкости по иону А.

На основании экспериментальных данных было получено значение константы скорости процесса R (табл. 1):

$$R = \frac{\beta}{\lambda}, \quad (3)$$

где β — эффективный кинетический коэффициент скорости, мин^{-1} , определяемый по уравнению

$$\beta = A \frac{C_0 V}{\Gamma_0 d_0}, \quad (4)$$

где V — скорость фильтрования; d_0 — эквивалентный диаметр зерна; A — коэффициент, характеризующий обменную систему ионит—металл.

Значения коэффициента A вычислены при условии, что d_0 принято в мм, β — в мин^{-1} , V — в м/ч, C_0 — в мг-экв/л, Γ_0 — в мг-экв/г.

На основании экспериментальных данных значение параметра A для системы вофатит—медь равно 0,862.

Литература

1. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод.— М., 1974.

Н. И. КОМАР

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Один из новых перспективных методов в технологии очистки воды — электромагнитное фильтрование (ЭМФ), которое в основном применяется для обработки котловой воды и конденсата.

При воздействии магнитного поля относительно невысокой напряженности ($0,35 \cdot 10^5$ а/м) практически целесообразная длина электромагнитного фильтра составляет 0,7—0,9 м [1, 2].

Наибольшее число исследований по применению ЭМФ проведено в ФРГ фирмой «Крафтверк Унион» (автор А. Хейтман). По результатам исследований ЭМФ работает с наибольшим эффектом при напряженности магнитного поля $1,5 \cdot 10^5$ а/м, сила тока — 50 а, напряжение — 300 в. В качестве загрузки применяются стальные шарики $D=6-7$ мм, изготовленные из ферромагнитного материала. Высота слоя шариков составляет 1,0—1,2 м. Вокруг фильтра (концентрически) располагается мощный соленоид, генерирующий магнитный поток. При пропуске обрабатываемой воды через слой шариков, пронизанных магнитным полем, ферромагнитные окислы металлов задерживаются, располагаясь в пространстве вокруг точек контакта шариков друг с другом. В основном ЭМФ применяются фирмой для обработки конденсата. Проводились предварительные исследования и по задержанию цветных металлов.

Эффект извлечения металлов из конденсата составляет от 80 до 98% при оптимальной скорости фильтрования 30 см/с. Фирма разработала типовые конструкции фильтров. Первые установки работают на электростанции в г. Киле ($Q=700-900$ т/ч, степень обезжелезивания 86—90%), атомной электростанции в г. Штаде

(степень обезжелезивания 90—99%), электростанции Нейраш (степень обезжелезивания 87—94%) [2].

Другой способ использования магнитного поля для извлечения из воды магнитных окислов металлов, в частности для обезжелезивания конденсата, был предложен Ф. Шпилнером.

По этому способу обрабатываемый конденсат пропускался через сосуд, в котором расположено порядка 1500 постоянных магнитов. При этом способе очистки нужны механические фильтры.

Наиболее широкое применение получила обработка воды магнитным методом, начало которой было положено в СССР в 1956—1958 гг. В данном случае вода пропускается через круговую щель, образуемую стенкой трубы и коаксиально расположенным в ней магнитом, и пересекает силовые линии у полюсов магнита. Этим методом предотвращалось образование на поверхности котлов щелочноземельных накипей. В ходе экспериментов, проводимых в Ленинградском котлотурбинном институте имени И. И. Ползунова на опытном ЭМФ, промывка осуществлялась без размагничивания загрузки с визуальным контролем эффекта промывки по сравнению с методом Хейтмана. Результаты промывки визуально не отличались от результатов при отключении ЭМФ, выполненных с размагничиванием слоя шариков [3]. Для качественной промывки немаловажное значение имеет также высота подъема шариков.

В Народной Республике Болгарии также имеется опыт по обезжелезиванию воды на ЭМФ на двух ТЭС. Здесь обезжелезивался промышленный конденсат, поступающий с различных предприятий. Эффективность работы электромагнитных фильтров определялась концентрацией содержания общего железа в конденсате до ЭМФ и после него. При скорости фильтрования 900—1000 м/ч и температуре конденсата 60—70 °С степень обезжелезивания составила 88%. Эксперименты показывают, что степень обезжелезивания зависит от скорости фильтрования конденсата через ЭМФ.

Возможно применение указанных фильтров и для очистки сточных вод, однако глубоких исследований в данном направлении еще не проводилось. В связи с этим представляют определенный интерес исследования для очистки воды от ионов тяжелых металлов.

Эффект электромагнитной очистки воды может получить широкое распространение на предприятиях машино- и приборостроения, в электронной, металлургической и электротехнической промышленности, где необходима глубокая очистка воды с целью использования в оборотных циклах.

Фильтрование должно производиться снизу вверх (рис. 1). При наложении магнитного поля внутри фильтра между шариками возникают высокие градиенты напряженности, в результате чего фер-

ромагнитные вещества перемещаются к магнитным полюсам шариков, т. е. в область максимальной напряженности, где и происходит отложение их. Работа фильтра продолжается до тех пор, пока не истощится его металлоемкость.

После остановки фильтра и отключения электромагнитной катушки производится размагничивание шариков загрузки, а затем промывка фильтра обратным током воды. Длительность периода промывки обычно достигает 1,0—2,0 мин. Рекомендуемая скорость промывки — 800 м/ч.

После окончания промывки вначале на катушку подается напряжение и фильтр включается в работу.

Исследования по применению ЭМФ для очистки сточных вод машиностроительной и электротехнической промышленности были проведены в

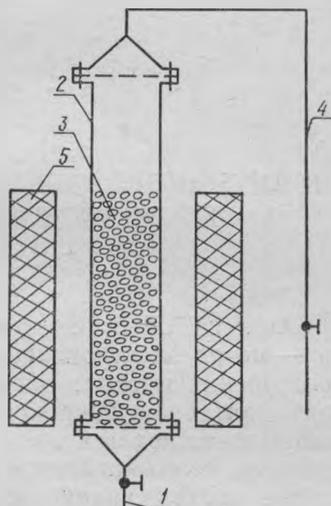


Рис. 1. Модель установки электромагнитного фильтра: 1 — подвод исходной сточной жидкости; 2 — корпус фильтрующего резервуара; 3 — загрузка стальными шариками; 4 — отвод очищенной сточной жидкости и соответственно промывочной воды

лаборатории очистки природных вод Брестского инженерно-строительного института.

Экспериментальная полупроизводственная установка включала ЭМФ диаметром 50 мм из органического стекла с засыпанными на высоту 0,75 м металлическими шариками диаметром 5,0 мм. В процессе исследований сила тока изменялась от 6 до 12 А, напряжение — от 75 до 40 В. Исследования проводили на модельной воде, в состав которой вводили соли железа, цинка и хрома в количестве соответственно 80, 60, 30 мг/л. Наибольший эффект очистки воды от указанных загрязнений наблюдался при силе тока 12 А и напряжении 40 В.

Таким образом, метод очистки воды электромагнитной фильтрацией позволит эффективно очищать сточную воду от ионов тяжелых металлов при небольших затратах электроэнергии. Так, по нашим подсчетам, затраты электроэнергии на обработку 1 м³ воды, содержащей 80 мг/л солей железа, 60 мг/л цинка и 30 мг/л хрома, составляют 0,15 кВт·ч.

Литература

1. Ткаченко С. И., Сандуляк А. В., Чернолуцкий Я. И., Лазаренко Л. Н. Влияние длины магнитного фильтра на эффективность удаления окислов железа из конденсата.— Энергетика, 1975, № 12, с. 87—91.
2. Лапотышкина Н. П. Изучение условий электромагнитного обезжелезивания турбинного конденсата.— Теплоэнергетика, 1973, № 5.
3. Хабаров О. С. Очистка сточных вод в металлургии (использование магнитных полей).— М., 1976.

В. П. КАЛИТА, В. А. САВЧЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ И ОЧИСТКИ СТОКОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Один из электрохимических методов очистки технической воды — метод электрокоагуляции, основанный на процессе анодного растворения металла электродов под действием постоянного электрического тока. Широкое внедрение в производство электрокоагуляции сдерживается пока еще значительным расходом листового металла, необходимостью обеспечения взрывобезопасности, сложностью обезвоживания образующихся осадков и отсутствием надежных конструкций коагуляторов.

Кафедрой канализации и очистки сточных вод Брестского инженерно-строительного института предпринята попытка внедрения электрокоагуляционной установки для подготовки технической воды на Брестском электромеханическом заводе и проведены исследования по применению электрокоагуляции для обезвреживания промывных хромосодержащих сточных вод. В результате разработана унифицированная секция электрокоагулятора производительностью 2,5 м³/ч для подготовки технической воды и обезвреживания хромосодержащих стоков (рис. 1).

Для создания лучших гидравлических условий работы аппарата вода из водораспределительного кармана в электролизер поступает «из-под щита», что обеспечивает равномерное ее распределение по сечению. Пакет электродов устанавливается независимо от корпуса электрокоагулятора, что позволяет производить быструю замену отработанных пластин. При использовании установки для кондиционирования технической воды пакет электродов изготавливается из листового алюминия, а при обезвреживании хромосодержащих стоков — из низкоуглеродистой стали. Набор секций позво-

ляет получить установку практически любой производительности.

Корпус электрокоагулятора (1) представляет собой прямоугольную емкость со скошенным дном и карманами для подачи исходной воды (6) и сбора очищенной воды (3). Он изготовлен из винилпласта и помещен в каркас. Электроды (2) крепятся жестко на уголке (4) и навешиваются на токопроводящую шину (5). Для предотвращения перекоса пластин электродов и коротких замыканий между ними устанавливаются прокладки (7).

На изготовленной пилотной установке определяли зависимость качества очищенной воды от плотности тока и скорости потока жидкости в межэлектродном пространстве при подготовке технической воды и обезвреживании хромсодержащих стоков. Варьирование значений плотности тока осуществляли путем изменения величины подаваемого на электроды тока с помощью реостата выпрямителя. Необходимые скорости потока создавали изменением подаваемого расхода. Показатели ка-

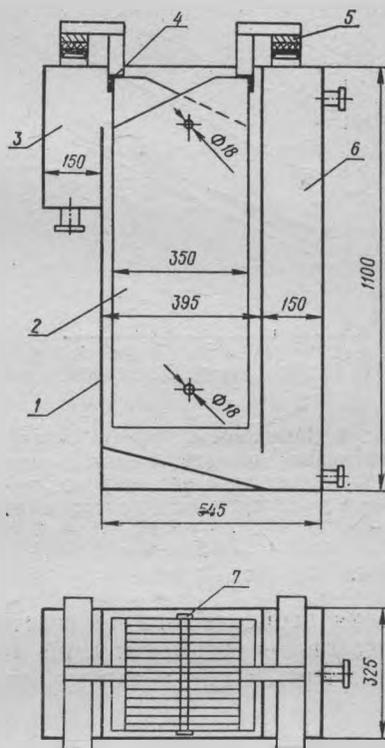


Рис. 1. Схема электрокоагулятора: 1 — корпус; 2 — электроды; 3 — карман для сбора очищенной воды; 4 — уголок; 5 — токопроводящая шина; 6 — водораспределительный карман; 7 — прокладки

чества воды определяли по стандартным методикам [1]. Хлопья гидроокиси металла из очищенной воды удаляли при применении алюминиевых электродов на песчаных фильтрах, железных — отстаиванием.

Анализ данных, полученных в результате исследований (табл. 1), показывает, что определяющим фактором, который влияет на процесс очистки, является плотность тока (рис. 2). Оптимальные значения параметров работы электрокоагулятора находятся в следующих пределах: плотность тока — 3—5 а/дм², скорость потока

жидкости в межэлектродном пространстве — 2—6 м/ч, для технической воды — соответственно 0,8—1,0 а/дм² и 37,5 м/ч. Затраты электроэнергии на очистку 1 м³ промывных хромосодержащих стоков вод представлены на рис. 3.

В процессе опытной эксплуатации электрокоагулятора для подготовки технической воды выяснилось, что происходящая с течением времени пассивация электродов и принятое в 20 мм расстояние между ними не обеспечивают нужных условий для полу-

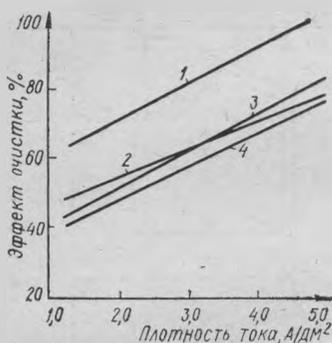


Рис. 2. Зависимость эффекта очистки промывных хромосодержащих стоков от плотности тока при скорости протока в межэлектродном пространстве: 1 — 2,14 м/ч; 2 — 6,42; 3 — 8,56; 4 — 12,85 м/ч

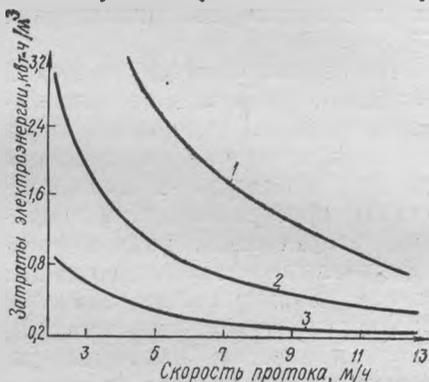


Рис. 3. Зависимость расхода электроэнергии на очистку 1 м³ хромосодержащих стоков от скорости протока при плотности тока: 1 — 5,0 а/дм²; 2 — 2,5; 3 — 1,25 а/дм²

чения необходимого количества коагулянта. В связи с этим был установлен автоматический переполюсатор пластин с интервалом действия 15 мин и изготовлен пакет электродов с зазором между

Таблица 1
Влияние параметров работы электрокоагуляторов на качество воды

Параметры работы электрокоагулятора		Показатели качества воды					
		исходной			очищенной		
плотность тока, а/дм ²	скорость протока, м/ч	Fe _{общ} , мг/л	прозрачность, см	цветность, град	Fe _{общ} , мг/л	прозрачность, см	цветность, град
0,39	37,5	1,8	15	100	0,7	30	60
0,59	37,5	1,7	15	100	0,3	30	55
0,78	37,5	1,5	15	100	0,2	30	40
0,98	37,5	1,6	12	100	0,2	30	30
1,17	37,5	1,4	14	100	0,2	30	45

ними 12 мм. Принятые меры позволили получить достаточно устойчивую работу электрокоагулятора.

Процесс электрохимической очистки чувствителен к изменению солевого состава воды и ее расходу. Во время работы происходит интенсивное пенообразование, неравномерный износ электродов, что создает определенные сложности в применении данного метода.

Литература

1. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод.— М., 1974.

А. В. КЛОПОЦКИЙ, Л. Н. ТУЦКИЙ

УЧЕТ РАСХОДА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ

Основные требования, предъявляемые к действующим системам водоснабжения,— надежность и бесперебойность обеспечения потребителей водой соответствующего ГОСТу качества. Это возможно при наличии своевременной и достоверной информации о технологических параметрах и состоянии оборудования на водопроводных сооружениях и сетях.

Наиболее успешно данная задача может быть решена с помощью системы автоматического контроля. Она позволяет осуществлять централизованный контроль и регистрацию значений технологических параметров (давления, расхода, уровня, качества воды) и показателей состояния технологического и энергетического оборудования.

Измерение давлений, уровней воды не представляет сложности, так как отечественной промышленностью для этих целей выпускаются достаточно надежные технические средства. Что же касается измерения расходов воды, то здесь возникают определенные трудности, связанные с использованием промышленных образцов расходомеров. Дело в том, что в системах водоснабжения получили распространение скоростные счетчики, работающие на принципе измерения объемного расхода воды по числу оборотов крыльчатки, приводимой во вращение измеряемым потоком. Такие расходомеры обладают рядом недостатков: низкая надежность работы вследствие заедания и поломки вращающихся частей, невысокая точность измерений, малый срок службы, невозможность дистанционной передачи показаний.

Поэтому в качестве местных измерителей и датчиков дистанционного измерения расхода воды на насосных станциях широко используются дифманометрические расходомеры, действующие вместе с сужающими устройствами. Однако установка и профилактическое обслуживание сужающих устройств на существующих заглубленных водоводах больших диаметров весьма затруднены. Кроме того, наличие сужающих устройств создает излишнее сопротивление в трубопроводах. Диафрагмы со временем теряют свои измерительные качества, так как кромки их расчетных отверстий в результате длительного нахождения в воде покрываются иловыми отложениями.

Таллинским приборостроительным заводом выпускаются индукционные расходомеры, предназначенные для непрерывного автоматического измерения мгновенного и суммарного расхода воды. Однако они дорогие. Применение их ограничено необходимостью врезки преобразователя по продольной оси трубопровода. Все это затрудняет монтаж индукционных расходомеров на действующих водопроводных линиях. Кроме того, расстояние от датчика до вторичного прибора по линии соединительного кабеля незначительное (до 100 м). К тому же они имеют большие габариты, вес и потребляемую мощность.

Существует и ряд других приборов для измерения расходов воды (ультразвуковые, ядерные и пр.). К сожалению, все они обладают существенными недостатками и не позволяют решить проблему автоматического измерения и учета объемов воды в системах водоснабжения.

Тепловые расходомеры дают возможность получать информацию о скорости потока, а следовательно, и о расходе воды. Однако такие расходомеры в настоящее время отечественной промышленностью не выпускаются.

Организация автоматического измерения и учета расходов воды позволит выбрать наиболее рациональный режим работы систем водопровода, чтобы обеспечить максимальное удовлетворение нужд водопотребителей. Кроме того, налаженный учет расхода воды, поднимаемой водозаборными сооружениями первого подъема из водоносного горизонта и направляемой в сборный водовод, позволит согласовать режимы параллельной работы оборудования при минимальном расходе электроэнергии и получить объективные данные для прогнозирования запасов воды.

Поэтапный контроль расходов и давлений воды на первом и втором подъемах, в узловых точках и у потребителя обеспечит возможность проследить изменение гидравлического сопротивления водоводов при длительной эксплуатации и своевременно определить меры предупреждения.

Нормальная эксплуатация фильтровальных станций требует периодической промывки фильтров, при этом на технологические нужды расходуются значительные объемы воды, учет которых определит наиболее рациональные режимы промывки при требуемых качественных параметрах.

В связи с этим одной из актуальнейших задач является создание системы автоматического контроля расходов воды, отличающейся небольшой стоимостью, технологичностью изготовления и монтажа, простотой эксплуатации, точностью измерений и возможностью передачи показаний на значительные расстояния.

Наиболее приемлемый путь реализации отмеченных выше задач — разработка расходомера с использованием полупроводниковых приборов, серийно выпускаемых отечественной промышленностью. Здесь в качестве первичного измерительного прибора может быть применен термочувствительный элемент.

Передача полученных данных об объемах и расходах воды на расстояние 10 км и больше представляет определенные трудности при аналоговой форме передаваемого сигнала. Амплитудные параметры измерения в этом случае будут вызывать определенные погрешности (влияние длинных линий, зависимость выходного сигнала от напряжения питания и др.), в то время как преобразование расхода в частоту следования электрических импульсов повышает точность его измерения.

При передаче информации по линии связи в виде частоты сигнал, переходя через коммутирующие устройства с неустойчивым сопротивлением, не искажается. Это очень удобно в случаях, когда одно измерительное устройство обслуживает большое количество датчиков, расположенных на расстоянии и поочередно подключаемых к его входу. Упрощается также задача представления измеряемой величины в цифровом коде с целью дальнейшего ввода для обработки в цифровые или управляющие вычислительные машины. Суммируя количество импульсов, передаваемых по линии связи с помощью интегратора в течение определенного времени (смена, сутки и т. д.), можно получать объективную информацию об объемах поднимаемой и передаваемой потребителям воды.

Отсутствие объективного контроля о расходах воды приводит к ее перерасходу, увеличению непроизводительных потерь, которые, по данным Минжилкомхоза БССР, составляют 10—12%, а в некоторых случаях достигают 18%.

Предварительные расчеты показывают, что если непроизводительные расходы довести до уровня не более 5%, то экономический эффект только по брестскому областному производственному объединению «Водоканал» составит 200—250 тыс. руб. в год.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕДАЧИ ПРИ АЭРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ СТРУЯМИ

Механические аэраторы находят все более широкое применение для аэрации сточных вод. Однако они не отличаются высокой надежностью работы, имеют низкий коэффициент полезного действия из-за наличия редуктора.

Таких недостатков лишена система поверхностной струйной аэрации, которую можно считать разновидностью механической. Она заключается в вовлечении воздуха струями циркулирующей жидкости, истекающими из насадков над поверхностью резервуара. Жидкость из аэрационного сооружения подается в насадки осевым насосом.

Осевые насосы, изготавливаемые серийно, обладают высоким коэффициентом полезного действия и надежностью работы. Благодаря большой производительности один насос позволит заменить несколько механических аэраторов. При этом возможно увеличение глубины аэрационных резервуаров, что позволит сократить площадь сооружений.

Основные характеристики струйных аэраторов — производительность по кислороду и затраты энергии на аэрирование. Последние определяли как сумму кинетической и потенциальной энергии струи.

Для описания процесса массопередачи кислорода из пузырьков воздуха в жидкость применяется уравнение

$$\frac{dC_t}{dt} = K_a (C_p - C_t), \quad (1)$$

где K_a — объемный коэффициент массопередачи; C_p — равновесная концентрация кислорода в жидкости; C_t — концентрация кислорода в жидкости в момент времени.

Интегрирование этого уравнения по всему объему жидкости возможно при $C_p = \text{const}$ в любой момент времени и при $C_t = \text{const}$ в данный момент времени в любой точке объема жидкости. Так как концентрация кислорода в воздухе изменяется по времени незначительно, C_p можно принять величиной постоянной. При соответствии объема резервуара и параметров струи концентрации растворенного кислорода C_t в различных точках резервуара практически

одинаковы, поэтому условия для интегрирования уравнения (1) при струйной аэрации соблюдаются.

Умножив обе части уравнения (1) на объем резервуара W , получим выражение для производительности аэратора по кислороду:

$$Q_0 = W \frac{dC_i}{dt} = K_a (C_p - C_i) W, \quad (2)$$

где Q_0 — производительность аэратора по кислороду; $W dC_i$ — количество кислорода, вносимое в жидкость за время dt .

Причем Q_0 практически не зависит от температуры жидкости. Из уравнения (2) следует, что задача определения аэрационной способности сводится к определению K_a .

Интегрирование уравнения (1) дает выражение для экспериментального определения величины объемного коэффициента массопередачи. Как показали исследования, на производительность аэратора по кислороду влияют диаметр струи D , скорость истечения V , высота падения h (разность отметок центра отверстия насадка и уровня жидкости в резервуаре). Угол наклона насадка к горизонту в исследованных пределах ($30-60^\circ$) не оказывает существенного влияния на массопередачу. Все опыты проводили цилиндрическими короткими насадками (с отношением $\frac{l}{D} \leq 5$).

Таким образом, можно записать:

$$f(Q_0, Q_{ж}, V, D, h, q) = 0, \quad (3)$$

где $Q_{ж}$ — массовый расход жидкости.

Поскольку сложность явлений, происходящих при истечении струи в жидкость, не позволяет получить аналитическое выражение для коэффициента массопередачи, для этой цели использовалась теория подобия и метод анализа размерностей. Получено следующее критериальное уравнение массопередачи:

$$\frac{Q_0}{Q_{ж}} = C Fr^{\alpha_1} \left(\frac{h}{D} \right)^{\alpha_2}, \quad (4)$$

где C — эмпирический коэффициент; $Fr = \frac{V^2}{gD}$ — критерий Фруда; g — ускорение силы тяжести.

Показатели степеней и коэффициент этого уравнения определяются экспериментально.

Аэрационную способность струйных аэраторов изучали на установке, состоящей из металлического резервуара объемом 2 м^3 ,

часть боковой стенки которого была выполнена из органического стекла для проведения визуальных наблюдений. Над резервуаром устанавливали съемные насадки. Воду забирали из нижней части резервуара и подавали в насадки центробежным насосом. Расход жидкости измеряли диафрагмой с дифманометром. Работу вели с насадками диаметром 41, 52, 65 мм. Скорость истечения жидкости изменялась от 2 до 5 м/с, высота падения — от 10 до 80 см. В опытах применяли стандартную методику переменного дефицита кислорода. Деаэрацию осуществляли каталитическим окислением сульфита натрия. Определение концентрации кислорода в пробах производили методом Винклера.

Опытами установлено, что показатели степеней в выражении (4) равны 0,5. Значение коэффициента уравнения — $0,32 \cdot 10^{-6}$. С учетом этого формула массопередачи кислорода при поверхностной струйной аэрации приобретает вид

$$\frac{Q_0}{Q_{\text{ж}}} = 0,32 \cdot 10^{-6} Fr^{0,5} \left(\frac{h}{D} \right)^{0,5} \quad (5)$$

Отношение производительности по кислороду и затрат энергии соответствует эффективности аэрации, которая является практическим критерием сравнения различных аэрационных систем. Установлено, что эффективность струйной аэрации зависит от скорости истечения, причем эффективность увеличивается с уменьшением скорости.

Для практического применения можно рекомендовать скорости в пределах 3—4 м/с. Для таких условий эффективность струйной аэрации составляет 2,8—2,5 кг O_2 /кВт·ч. По этому показателю струйные аэраторы не уступают лучшим образцам поверхностных механических аэраторов.

П. И. САЧЕНОК

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время в большинстве городов вследствие высоких темпов жилищного и промышленного строительства наблюдается быстрый рост водопотребления, что вызывает необходимость постоянного развития систем водоснабжения. Однако темпы развития водопроводов часто отстают от роста водопотребления, что приводит к значительным трудностям в водоснабжении. В этих усло-

виях один из важных путей улучшения водоснабжения — разработка и внедрение мер по интенсификации работы существующих сооружений водопровода, т. е. водозаборных и очистных комплексов и систем подачи и распределения воды.

В Бресте, например, в последнее время хотя и введены в число действующих новые водозаборные сооружения с комплексом водоочистки, однако в режиме работы системы водоснабжения в целом наблюдаются значительные отклонения. Особенно увеличилась аварийность на сети, что потребовало ее систематизации и анализа с учетом как условий эксплуатации трубопроводов, работы системы водоснабжения, так и условий строительства.

Проблема надежности подземных трубопроводов затрагивает ряд областей науки и техники: коррозия бетона и металла, технология строительно-монтажных процессов прокладки трубопроводов, механика грунтов, гидравлика трубопроводов и технология строительных материалов.

Как показали исследования, установить характер повреждений на трубопроводах, вскрыть их истинные причины помогают журналы учета повреждений, акты обследования аварий, отчеты по эксплуатации трубопроводов и другие исходные материалы. Поэтому эксплуатационным организациям необходимо вести систематический учет повреждений и отражать их в отчетах. Такая работа ведется в полном объеме только в нескольких городах (Москве, Киеве, Ленинграде, Харькове и др.). В Бресте учет аварий ведется бессистемно, т. е. фиксируется только количество аварий на начало дня. Таким образом, учет одной и той же аварии повторяется несколько раз вплоть до ее ликвидации.

Повреждения трубопроводов случаются и в период строительства, особенно при гидравлическом испытании. Но их учет во время строительства также не ведется.

Для разработки эффективных мероприятий по повышению надежности работы подземных трубопроводов следует прежде всего установить причины, вызывающие повреждения. Кроме того, необходимо выяснить, являются ли аварии следствием конструктивных особенностей трубопроводов или же обусловливаются только низким качеством выполнения строительных работ.

Прокладка подземных трубопроводов — один из самых трудоемких процессов, где ручной труд занимает пока большой удельный вес. Это обусловлено, во-первых, тем, что трассы проектируются на десятки километров, где имеется разнообразие грунтовых, гидрогеологических и других местных условий. Во-вторых, фронт работ подвижный. Это создает трудности в организации процесса производства строительных работ и технического контроля за их выполнением.

Немаловажную роль играет и сезонность сооружения водопроводных сетей. Разработка больших объемов мерзлого грунта при рытье и засыпке траншей, необходимость сохранения части грунта в незамерзшем состоянии для засыпки трубопроводов, изоляция и монтаж труб на морозе, снежные заносы траншей, испытание трубопроводов при отрицательной температуре, предохранение траншей от затопления поверхностными водами, поверхностное и иглофильтровое водопонижение грунтовых вод — все это создает значительные осложнения и трудности при прокладке трубопроводов.

Кроме того, подземные трубопроводы не доступны для повседневного наблюдения за их состоянием, что затрудняет профилактические ремонты. Нет надежных методов обнаружения незначительных повреждений. А как показывает практика, даже незначительные повреждения, не устраненные вовремя, под напором воды быстро прогрессируют. Иногда не удается даже обнаружить повреждение, так как вода при аварии не всегда выходит на поверхность. Часто она стекает по трубопроводам и каналам других подземных коммуникаций или дренирует в грунт. Случается, что вода пробивается на поверхность на значительном удалении от места повреждения.

Усовершенствованные покрытия и площади еще более усложняют обнаружение и ликвидацию повреждений подземных водопроводных трубопроводов.

Как показывает практика, приемка трубопроводов (включая контроль в ходе строительства и гидравлических испытаний) не дает достаточно материалов, чтобы оценить надежность трубопровода в эксплуатации. Зачастую трубопровод, получивший высокую оценку при приемке и гидравлическом испытании, с первых же дней эксплуатации повреждается. Анализ данных о повреждениях подземных трубопроводов, а также опыт строительно-монтажных работ позволяют разработать рекомендации по конструкции стыковых соединений, по применяемым типам труб, методам производства работ и испытаний трубопроводов, режимам работы насосных станций и других сооружений, направленных на повышение надежности работы трубопроводов.

Установлены основные факторы, особенно влияющие на надежность трубопроводов подземных сетей водопровода. Это прежде всего производственные факторы — технология стыковых соединений; способ укладки труб (в траншее, в насыпи, в штольне); качество уплотнения засыпки над трубой и между стенами траншеи и трубой; типы опорных приспособлений; нагрузки (транспорт, грунтовые воды).

Большое влияние оказывают местные природные условия —

температурный режим, физические и химические свойства транспортируемой жидкости и грунтовых вод.

Многое зависит и от эксплуатационных факторов — гидравлического удара, профилактических уходов и ремонтов, диспетчеризации и дистанционного управления, учета и анализа повреждений.

Е. Б. БЕЙСАЛБАЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРИТОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ СОЛЯНОКИСЛОТНЫХ ТРАВИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ НА УСТАНОВКЕ «РУТНЕРА»

Для травления прокатных изделий из стали широко применяется соляная кислота, обеспечивающая достаточно высокую скорость травления, получение высококачественной поверхности при незначительных потерях металла и полное растворение окислов железа, составляющих окалину.

Преимущество соляной кислоты — почти полная регенерация отработанного травильного раствора, что позволяет использовать замкнутый технологический цикл травления. Процесс регенерации отработанных травильных растворов способом прямого контакта с топочными газами осуществляется в установке «Рутнер». В результате регенерации в качестве отхода образуется мелкодисперсная окись железа, которая может быть использована как ценное сырье для изготовления ферритов. Однако в ней содержалось значительное количество микропримесей Са, Na и других металлов. Это отрицательно сказывается на технологии изготовления некоторых ферритных изделий.

В целях повышения качества сырья, отвечающего технологическим условиям промышленности, установка «Рутнер» переведена на очищенный от масла отработанный конденсат коксохимического производства с содержанием масел 12—20 мг/л, который раньше сбрасывался в канализацию.

Схема очистки отработанного конденсата от масла приведена на рис. 1 и 2. Очистка осуществляется на вертикальных отстойниках емкостью 31 м³, доочистка — на горизонтальных емкостью 63 м³.

Предлагаемая отдельная схема водоснабжения установки «Рутнер» предназначена для подачи очищенного от масла конденсата в количестве 11 м³/ч в абсорбционную колонну, минуя травильное отделение. Присутствующие в очищенном конденсате масла в количестве до 5 мг/л в процессе высокотемпературного разложения солянокислотного раствора сгорают, не ухудшая качества получаемой окиси железа.

В табл. 1 приведены результаты химического анализа проб неочищенного от масла отработанного конденсата.

Нами проведен сравнительный анализ качества окиси железа «Карагандинская» и фирмы «Рутнер» (табл. 2).

Все примеси, присутствующие в «Карагандинской» окиси железа, связаны с конструкцией установки методом получения или исходным материалом. Так, количество Са, Na, Mg определяется содержанием их в отработанном конденсате, используемом в процессе регенерации травильного раствора; количество Mn зависит от содержания его в стали; SiO₂ и Al₂O₃ — от того, является ли

сталь спокойной либо раскисленной алюминием или кремнием; S — от топлива; Cl — от технической отладки установки; α или γ — от модификации; Fe₂O₃ — от температуры разложения травильного раствора (400—800 °С).

Для выяснения влияния параметров процесса регенерации травильного раствора на качество окиси железа было проведено месячное наблюдение за работой установки «Рутнер». Вы-

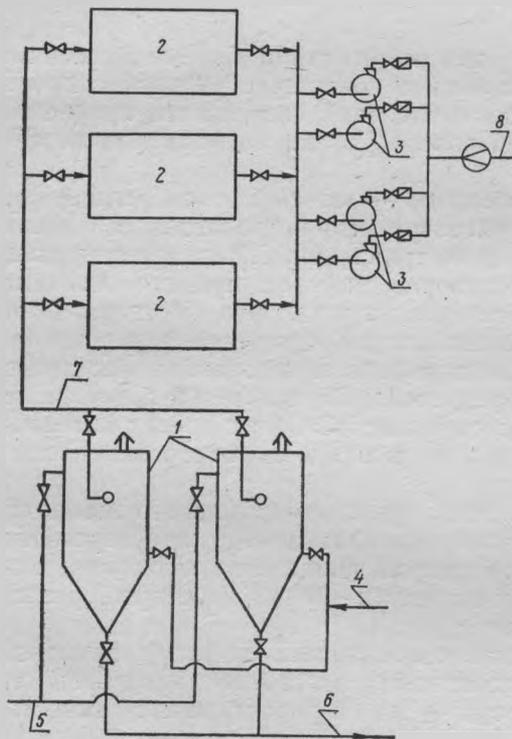


Рис. 1. 1 — вертикальный отстойник; 2 — сборник конденсата; 3 — насосы; 4 — подача загрязненного конденсата; 5 — сброс масла; 6 — сброс осадка; 7 — подача конденсата в сборники; 8 — подача конденсата в ЛППЦ-2

яснено, что колебания температуры в зоне реакции от 640 до 530 °С не оказывают существенного влияния на качество окиси железа. Понижения в температуре от 580 до 520 °С вызывает уменьшение количества основного вещества в твердом продукте в среднем на 1%.

Важный параметр процесса регенерации — температура в верхнем конусе реактора. За время наблюдения в зоне распыления травильного раствора температура колебалась от 460 до 560 °С.

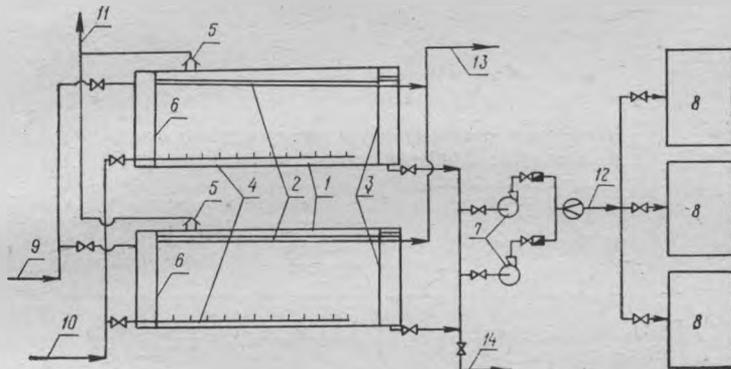


Рис. 2. 1 — горизонтальный отстойник; 2 — переливные желоба; 3, 6 — распределительная перегородка; 4 — барботер; 5 — естественная вентиляция; 7 — насосы; 8 — хранилища; 9 — подача конденсата из КХП; 10 — подача сжатого воздуха; 11 — отвод воздуха; 12 — подача очищенного конденсата; 13 — отвод масла; 14 — трубопровод для полного опорожнения отстойника

Согласно инструкции по эксплуатации установки, колебания не должны превышать 30 °С (430—460 °С). Это обеспечивает полное разложение хорошо распыленного травильного раствора. Как показали наблюдения, вследствие изнашивания форсунок увеличиваются размеры распыленных капель и изменяется угол конуса распыления, что влечет за собой неполное разложение травильного раствора, снижает качество окиси железа.

Повышение температуры в верхнем конусе может увеличить скорость разложения и, таким образом, привести к полному разложению раствора. Однако увеличение температуры не должно превышать допустимый предел и приводить к спеканию капель, затрудняющему процесс окисления и способствующему повышенному содержанию ионов хлора в окиси железа.

Следовательно, изношенные форсунки, понижение давления при распылении раствора, увеличение температуры выше допустимого предела — причины, понижающие качество окиси железа. Плохое, например, распыление травильного раствора из-за изно-

Результаты химического анализа проб конденсата

Наименование показателей	Концентрация, мг/л	Наименование показателей	Концентрация, мг/л
pH	6,8	Аммиак общий	0,3
Сухой остаток	100	Ca ²⁺	Следы
Прокаленный остаток	60	Mg ²⁺	Следы
Масла	19		

Таблица 2

Некоторые качественные характеристики окиси железа «Карагандинская» и фирмы «Рутнер»

Показатели	Состав окиси железа, %	
	фирмы «Рутнер»	«Карагандинская»
Fe ₂ O ₃	99,2	98—99,8
Потери при выпаривании	0,2	0,12—0,18
Потери при прокаливании	0,3	0,23—0,25
Cl	0,25	0,19—0,22
Na	0,02	0,02—0,028
K	—	0,003—0,005
Ca	0,03	0,02—0,03
Mg	0,007	0,008—0,012
Si	0,05	0,023—0,04
Al	0,04	0,02—0,04
Mn	0,4	0,25—0,28
Cu	0,02	0,012—0,02
Pb	—	—
Ni	—	0,02—0,03
Cr	—	0,018

шенности форсунок не позволяет получить окиси железа с высоким содержанием основного вещества даже при температуре 560 °С. Твердый продукт при этом содержит Fe₂O₃ 70—85%, ионов хлора —24%.

Запуск агрегатов с новыми форсунками позволил снизить температуру разложения до 460 °С, при этом содержание основного вещества в окиси железа составляло 98—99,8%, а концентрация ионов хлора не превышала в среднем 0,2—1,0%.

Установлено, что колебания состава по содержанию FeCl₂ в пределах 220—314 г/л и HCl в пределах 47—75 г/л при условии

качественного распыления практически не влияют на химический состав окиси железа.

Оптимальное давление, при котором достигается высокая степень распыления,—7—8 атм. Однако корродирующее действие травильного раствора на насосы и форсунки приводит к тому, что давление распыления может снизиться до 2—4 атм. При этом разрушение форсунок происходит значительно быстрее, особенно с наружной стороны, из-за активного разрушающего действия паров высокой концентрации внутри печи-реактора.

На рис. 3 показана зависимость количества основного вещества в окиси железа от давления при распылении.

Видно, что при небольших давлениях (2,2—4,0 атм) наблюдается уменьшение содержания и значительный разброс

основного вещества в окиси железа. Так, при давлении распыления 2—3 атм процентное содержание Fe_2O_3 в твердом продукте колеблется от 80 до 98%. В то же время повышение давления в системе до 5—6 атм приводит к увеличению содержания основного вещества в окиси железа.

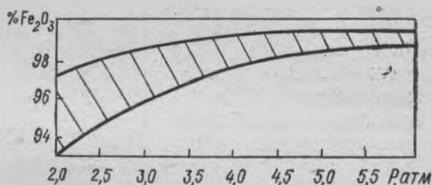


Рис. 3

С. С. СТЕЛЬМАШУК

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФНЫХ УСЛОВИЙ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ НА РЕЖИМ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ

Мелкозалежные торфяники, сочетающиеся с многочисленными минеральными включениями, требуют не только устройства осушительной сети, но и изменения характера поверхности осушаемых земель. Это необходимо для создания оптимальных условий роста и развития сельскохозяйственных культур.

Для изучения влажности почв и урожайности был выбран участок на объекте Осиповка, находящийся в землепользовании колхоза «Красный партизан» Малоритского района Брестской области.

Минеральные включения опытного участка представляют собой повышения высотой до 1 м сравнительно небольшой площади.

Таблица 1

Влажность почвы, % от объема

Почва, вариант	Глубина слоя, см	Месяц						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
<i>1975 г.</i>								
Торфяно-болотная, естественное понижение (контроль)	0—30	74,76	76,44	79,41	67,29	76,33	63,36	64,62
	30—90	51,84	55,70	36,58	60,51	38,81	43,41	65,04
Торфяно-болотная спланированная	0—30	60,47	60,65	57,20	40,60	63,68	52,35	53,51
	30—90	—	32,47	34,86	36,29	29,56	39,60	48,62
Минеральная, естественное повышение (контроль)	0—30	44,76	41,45	39,76	—	26,44	26,90	31,01
	30—90	17,74	13,73	11,94	18,64	7,94	5,54	4,32
Минеральная спланированная	0—30	16,26	7,97	12,94	53,15	—	43,40	19,93
	30—90	—	9,70	15,94	25,51	22,32	12,56	10,86
<i>1976 г.</i>								
Торфяно-болотная, естественное понижение (контроль)	0—30	68,42	71,23	65,06	62,08	47,56	63,29	52,54
	30—90	73,60	55,08	55,30	32,93	30,64	32,59	40,50
Торфяно-болотная спланированная	0—30	61,47	49,52	44,58	30,15	—	24,10	35,24
	30—90	40,24	16,49	15,19	22,63	—	11,81	8,29
Минеральная, естественное повышение (контроль)	0—30	44,51	40,04	28,43	18,00	16,50	15,71	26,39
	30—90	14,29	10,37	11,11	8,37	2,13	9,46	4,62
Минеральная спланированная	0—30	11,52	32,62	28,38	24,00	—	20,97	27,57
	30—90	13,24	13,98	16,44	9,90	—	8,40	12,50
<i>1977 г.</i>								
Торфяно-болотная, естественное понижение (контроль)	0—30	72,98	73,80	71,03	64,56	61,68	72,45	74,58
	30—90	—	64,53	36,37	33,17	24,76	30,70	42,48
Торфяно-болотная спланированная	0—30	61,80	61,71	57,92	30,30	68,99	61,55	66,45
	30—90	39,51	34,49	19,62	33,92	32,67	42,33	40,11
Минеральная, естественное повышение (контроль)	0—30	35,88	39,11	16,20	25,10	18,67	31,54	35,58
	30—90	14,44	9,92	13,36	12,64	5,95	16,94	10,64
Минеральная спланированная	0—30	26,26	17,08	8,85	13,77	8,89	36,83	26,93
	30—90	24,07	16,99	13,95	14,41	10,99	18,92	15,09
<i>1978 г.</i>								
Торфяно-болотная, естественное понижение (контроль)	0—30	—	71,31	—	70,36	68,06	—	73,91
	30—90	—	35,55	—	31,45	30,40	—	31,62
Торфяно-болотная спланированная	0—30	56,50	54,33	36,53	62,75	65,29	—	67,81
	30—90	—	37,78	—	36,24	33,35	—	34,57

Почва, вариант	Глубина слоя, см	Месяц							
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1978 г.									
Минеральная, естественное повышение (контроль)	0—30	39,40	30,68	35,04	39,15	19,81	—	30,30	
	30—90	18,47	11,95	15,46	17,64	13,09	—	12,43	
Минеральная спланированная	0—30	27,64	22,65	31,10	33,95	7,83	—	38,03	
	30—90	24,72	24,67	21,79	21,35	14,20	—	19,15	

Таблица 2

Урожайность сельскохозяйственных культур на различных видах почв

Вариант	Год	Культура	Почва			
			торфяно-болотная		минеральная	
			ц/га	% к контрольному	ц/га	% к контрольному
Контроль	1975	Овсяно-гороховая смесь (зеленая масса)	88,3	100,0	73,3	100,0
	1976	Пшеница (зерно)	20,1	100,0	11,6	100,0
	1977	Многолетние травы (сено)	94,1	100,0	59,1	100,0
	1978	Многолетние травы (сено)	34,62	100,0	50,90	100,0
Спланированная поверхность	1975	Овсяно-гороховая смесь (зеленая масса)	124,2	141,0	111,7	152,0
	1976	Пшеница (зерно)	43,9	218,4	33,5	288,7
	1977	Многолетние травы (сено)	108,4	115,2	68,9	116,8
	1978	Многолетние травы (сено)	68,03	190,6	61,24	120,3

Покров их представлен дерново-глеевыми и глееватыми, а также дерново-подзолистыми почвами, развивающимися на мелко- и среднезернистых песках.

Торфяно-болотные почвы характерны для болот Белорусского Полесья. Они относятся к низинному типу, сложены из гипноосокового и тростниково-осокового торфа.

Наблюдения вели за влажностью почв и урожайностью сельскохозяйственных культур как на спланированной площади, так и на контрольной — естественном понижении и повышении.

Результаты четырехлетних (1975—1978) исследований водно-воздушного режима болотного массива показали, что влажность как пахотного (0—30 см), так и подпахотного (30—90 см) горизонтов почв значительно изменяется под влиянием планировки (табл. 1).

Как видно из табл. 1, в течение всех вегетационных периодов на минеральной почве естественных повышений (контроль) в слое 0—30 см объемная влажность была значительно ниже, чем на торфяно-болотной. В слое 30—90 см на торфяно-болотной почве (контроль) объемная влажность также значительно выше, чем в этом же слое на минеральной почве.

Наблюдения показали, что влажность спланированной почвы имела меньшие колебания. Это обусловлено значительным выравниванием уровня грунтовых вод и более равномерной инфильтрацией выпадающих осадков на спланированной поверхности.

Данные по урожайности сельскохозяйственных культур на контрольных участках представлены в табл. 2.

Как видно из приведенных данных, урожай сельскохозяйственных культур на протяжении четырехлетних исследований на спланированных почвах был значительно выше, чем на контрольных.

Литература

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта.— М., 1973.
2. Кауричев И. С. Практикум по почвоведению.— М., 1973.

З. И. ГОНЧАРОВА, А. А. ОМЕЛЬКО, П. В. ШВЕДОВСКИЙ

ПОДГОТОВКА ЗАТОРФОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

В условиях Полесья наибольшее распространение получили такие способы подготовки оснований на слабых грунтах, как пригрузка торфяной залежи, разработка (удаление до минерального грунта) торфа с помощью землеройных машин, разработка торфа с использованием средств гидромеханизации [1].

Наиболее перспективный и экономический способ — разработка торфа выторфовочно-намывной установкой, позволяющая производить полную замену слабого торфяного грунта на более прочный — песчаный с естественным фракционированием частиц [2].

В отличие от обычного намыва при работе выторфовочно-намывной установки выброс пульпы осуществляется вертикально вниз, а концевой участок трубы опускается по мере размыва толщи торфа. Труба под водой работает как гидромонитор при разработке подводного забоя, образуя глубокую воронку размыва (рис. 1). Ударная сила потока пульпы превышает силу гидромониторной струи за счет уменьшения длины свободной струи (зазора) между

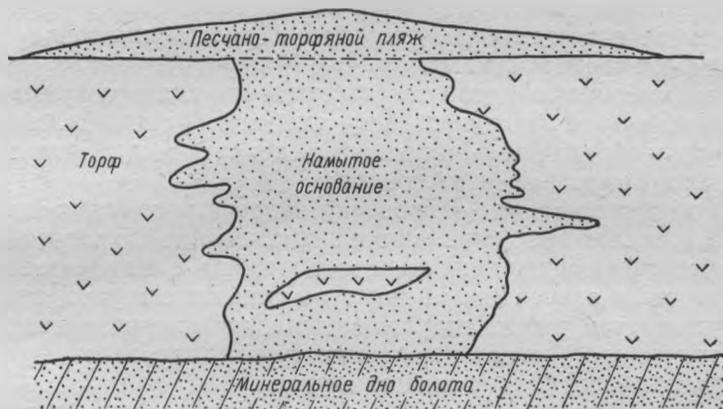


Рис. 1. Схема воронки размыва

забоем и местом выброса пульпы, а также за счет ее насыщенности песчаными частицами.

Физическая картина воздействия потока пульпы на торфяную залежь следующая. Напорная струя гидропульпы с определенной гидродинамической силой пульсирующего характера отдельными струйками интенсивно проникает в поры торфа, передавая пульсирующее давление на «скелет» грунта, что обуславливает его разрушение на агрегаты-отдельности. Их размер зависит от структурных показателей, а также степени превышения «активных» сил потока над пассивными, обуславливающими сопротивляемость грунта размыву.

Отрыв агрегата-отдельности происходит в момент, когда динамическое воздействие струи, определяемое мгновенными максимальными скоростями, превосходит сопротивляемость торфа размыву. Оторвавшийся агрегат, подхваченный вихрями потока, мгновенно выбрасывается за воронку размыва и транспортируется отводящим потоком в отстойник. Стабилизируется разрыв воронки, когда максимальная осредненная осевая скорость в придонной

области станет меньше донной неразмывающей скорости в воронке, т. е. когда вымываемые под воздействием восходящей пульсирующей струи частицы не выносятся из воронки, а вновь осаждаются в ней.

Давление по длине струи уменьшается, так как энергия расходуется на взаимодействие с воздухом и внутреннюю перестройку частиц жидкости и грунта внутри и на поверхности струи. Это обуславливает необходимость учета направления удара струи, возрастающего при нормальном направлении взаимодействия струи и размываемой поверхности, и уменьшения расстояния между пульповыпуском и торфомассивом.

Исследования проводили в лаборатории гидросооружений на экспериментальной выторфовочно-намывной установке, включающей пульпообразователь, пульповыпуски, стеклянный лоток с модельным торфомассивом и отстойники.

Задача исследования — проверка запроектированных технологических способов выторфовывания и обоснование его оптимальных схем, обеспечивающих наибольшую плотность и наименьшую неоднородность и зависящих от текстуры намытого грунта, технологии производства работ, гидравлических параметров потока, гранулометрического состава карьерного грунта, характера фракционирования и консолидации свойств грунта.

Моделирование проводили с соблюдением законов подобия и соответствия технологического, масштабного и гидравлического параметров.

Технологическая схема производства выторфовочно-намывных работ приведена на рис. 2.

В экспериментах устанавливали различные режимы грунто-несущего потока путем увеличения или уменьшения расхода в диапазоне 1—11 л/с пог. м и аналогичного изменения консистенции пульпы в пределах 3—18%.

Для определения скоростных характеристик использовали шаровые датчики и четырехканальные самописцы НВ-4.

Как показали исследования, плотность укладки грунта в воронке размыва уменьшается с увеличением удельного расхода гидропульпы. Влияние консистенции пульпы на плотность укладки неоднозначно. Несущая способность намытого основания зависит от величины гидродинамического воздействия потока, механического состава твердых составляющих пульпы и интенсивности намыва.

Для уменьшения объема экспериментальных работ по размывающей способности гидропульпы исследована возможность аналогового моделирования на приборе ЭГДА-9/60.

Область активного воздействия гидродинамического давления согласно расчетам, определяется зависимостью

$$l_{ак} = 0,72\mathfrak{E}^{2,15} - 1,23\mathfrak{E}^{0,63} + 0,15, \quad (1)$$

где \mathfrak{E} — величина гидродинамического давления;

$$\mathfrak{E} = 0,93k \sqrt[4]{\frac{V \sqrt{\frac{1}{0,14q + 0,31} q}}{\gamma_{об}^{нас}}} E_0 \sqrt[5]{a^3} - h_{пб}, \quad (2)$$

где E_0 — полная энергия потока, отнесенная к поверхности воронкообразования, м; q — удельный расход пульпы, м³/с пог. м; $\gamma_{об}^{нас}$ — объемная масса торфа в насыщенном состоянии, тс/м³; a — степень аэрации потока; $h_{пб}$ — толщина водной подушки между водовыпуском и размываемой поверхностью; k — коэффициент насыщения пульпы твердыми частицами определенного гранулометрического состава.

На основе полученных результатов можно сделать выводы, что применение выторфовочно-намывных машин позволяет создать песчаные основания с высокой несущей способностью. Однако для

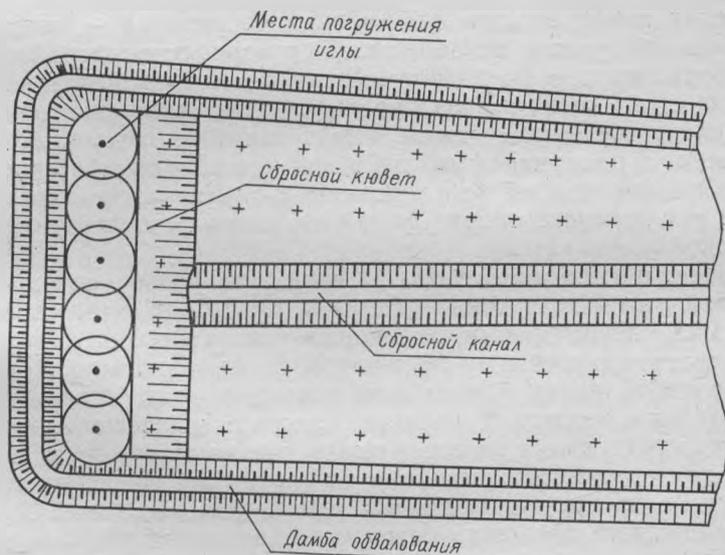


Рис. 2. Схема технологии выторфовочно-намывных работ

обоснования оптимальных технологических параметров процесса выторфовки и укладки грунта в области размыва необходимы дополнительные эксперименты на полунатурных моделях (М 1 : 2).

Литература

1. Равинский Л. М. Подготовка территории жилого массива гидромеханизованным способом.— В сб.: Новое на объектах и предприятиях гидромеханизации. М., 1964.

2. Дмитриенко Ю. Д., Левченко И. М., Волнин Б. А. Строительство дорог и образование территории на болотах намывным способом.— Гидротехника и мелiorация, 1975, № 10.

В. Г. ФЕДОРОВ, П. С. ПОЙТА, В. Н. ДЕДОК

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО НАМЫВНЫХ ПЕСЧАНЫХ ОСНОВАНИЙ

Наиболее экономичный и эффективный способ инженерной подготовки заболоченных и пойменных территорий — гидромеханизованный намыв, позволяющий одновременно разрабатывать, транспортировать и укладывать грунт, поднимать поверхность до незатопляемых отметок, расширять и углублять акваторию рек в пределах городской черты. Распределение и укладка грунта должны быть равномерными, что обеспечит высокие свойства основания. Это достигается регулированием оптимальных показателей работы землесосного оборудования и правильным выбором технологической схемы намыва.

Процесс намыва представляет собой организованное осаждение грунтовой массы из потока на отведенной для этого площади. Осаждаясь, грунт формирует «тело» возводимого сооружения. Вода частично стекает с территории намываемого сооружения, унося с собой часть мельчайших частиц грунта, а частично инфильтруется в намытое основание. Скорость движения гидросмеси по мере ее растекания по поверхности уже намытого грунта уменьшается за счет самого растекания и в результате потери части воды из потока в процессе фильтрации через грунтовое ложе. С уменьшением скорости движения гидросмеси транспортирующая способность потока уменьшается, происходит осаждение частиц.

Существенное влияние на качество намывной грунтовой толщи оказывают технологические параметры (консистенция пульпы, ее

удельный расход, интенсивность намыва), определяющие режим намывных работ [1, 2]. В связи с этим при намыве территории Южного района Бреста изучали влияние технологических параметров на плотность укладки намывной толщи, в значительной мере обуславливающей ее устойчивость, несущую способность. Исследования проводили в полевых и лабораторных условиях.

Влияние консистенции на плотность намывного грунта показано на рис. 1. Увеличение консистенции вызывает уменьшение плотности намывного грунта. Наибольшая плотность достигается при весовой консистенции пульпы до 12—14%. Дальнейшее ее увели-

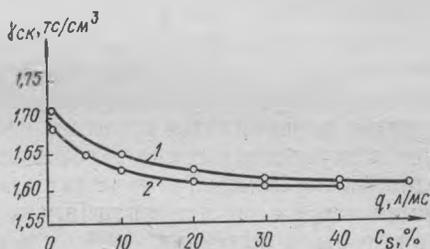


Рис. 1. Влияние консистенции и удельного расхода на плотность намывного песчаного грунта: 1 — $\gamma_{ср} = f(q)$; 2 — $\gamma_{ср} = f(C_s)$

чение приводит к сравнительно меньшему снижению плотности намываемого грунта. Характер изменения плотности в зависимости от консистенции пульпы хорошо объясняется данными динамики русловых потоков. С увеличением консистенции, а следовательно, и плотности движения грунтовых частиц возрастает величина подъемной силы, препятствующей компактной укладке зерен на пляже намыва, а также ухудшаются условия для их избирательного отложения.

Движение открытых потоков гидросмеси может приобретать весьма сложные формы, с закономерной последовательностью сменяющие друг друга. Из них не все свойственны привычным русловым потокам. В этих формах претерпевают существенные изменения как движение жидкости, так и характер перемещения твердого материала.

При весовых консистенциях гидросмеси менее 0,5% наблюдалось грядовое движение. С увеличением консистенции гряды сменялись гладкой формой движения: подвижное дно выравнивалось и становилось приблизительно параллельным свободной поверхности потока. Дальнейшее увеличение консистенции приводит к третьей форме движения, когда на дне появляются правильные образования. В отличие от гряд они передвигаются вверх по течению.

Скорость потока характеризуется, как известно, числом Фруда

$$Fr = \frac{V_0^2}{gh},$$

где V_0 — средняя скорость потока, м/с; g — ускорение силы тяжести, м/с²; h — средняя глубина потока, м.

Смена форм движения гидросмеси с подвижным дном сопровождается изменением их бурности. Спокойным потокам ($Fr < 1$) обычно присуща грядовая форма движения; потокам, близким к критическому режиму ($Fr = 1$), свойственно гладкое движение; бурному состоянию ($Fr > 1$) соответствует антидюнное состояние.

Изменение плотности песка в зависимости от удельных расходов пульпы показано на рис. 1 пунктирной линией. При наличии в исходном грунте частиц различной степени крупности, т. е. при намыве разнородных грунтов, всегда имеются частицы, для которых вполне достаточно малых гидродинамических сил, чтобы заполнить поры между частицами более крупных размеров. Исследования показали, что оптимальные расходы пульпы, при которых может быть получена $\gamma_{\text{сис}}^{\text{max}}$ намывтого грунта, характерны только для разнородных грунтов.

Путем регулирования удельных расходов и консистенции пульпы можно оказывать влияние на содержание пылеватых и глинистых частиц. При средних значениях консистенции (10—15% и ниже) и удельных расходах около 50 л/м·с можно добиться почти полного отмыва этих частиц. Однако содержание мелких фракций в том количестве, в каком они задерживаются при правильной технологии производства работ по намыву, способствует повышению плотности намывных песков. Пылеватые частицы более эффективно повышают плотность крупно- и среднезернистых песков, а глинистые — мелких песков.

Анализ процесса намыва показал, что при больших (около 50 л/м·с) удельных расходах пульпы намывтый грунт представляет сравнительно однородные отложения, а при малых (1,5—2 л/м·с) — исключительно слоистые. Это объясняется тем, что по мере снижения величины удельных расходов и консистенции режим движения твердой составляющей пульпы переходит от антидюнного, характеризующегося перемещением большой массы грунта, к дюнно-грядовому движению, когда при перемещении волны небольшой высоты (и наличии подводных застойных зон) откладываются мельчайшие частицы. С целью получения практически однородных в отношении слоистости грунтов рекомендуется производить намыв при удельном расходе пульпы более 20 л/м·с и консистенции не более 15%.

Существенное влияние на характер уплотнения намываемого грунта оказывает интенсивность намыва, характеризуемая высотой слоя грунта, намываемой в течение суток. С увеличением интенсивности намыва плотность намывной массы уменьшается и, наоборот, с уменьшением — увеличивается. При различной длине откоса, но при одинаковом удельном расходе твердого компонента интенсивность намыва будет различной. Плотность укладки намываемого грунта возрастает с увеличением длины откоса и снижается с уменьшением ее. Опыты показали, что допустимая интенсивность намыва территории, которая определяется фильтрационными свойствами намываемой грунтовой толщи, для среднезернистых песков не должна превышать 70—75 см в сутки, а для пылеватых песков — 20—25 см.

Способ и схема намыва также оказывают влияние на качество уложенного грунта. Как показали результаты лабораторных и полевых исследований, наиболее эффективным для намыва территорий является безэстакадный способ. Этот способ наиболее целесообразен при использовании гидроустановок производительностью более 20 м³/ч грунта и для крупно-, средне- и мелкозернистых песков.

Равномерное распределение фракций песчаного грунта на картах намыва можно получить, применяя мозаичную схему намыва, характеризуемую рассредоточением выпуска пульпы из группы выпусков, расположенных по определенной сетке на значительной части намываемой карты. Это вызывает гашение скоростей встречных потоков. Расстояние между точками этой сетки назначается в зависимости от состава грунта и по мере увеличения содержания пылевато-глинистых фракций соответственно сокращается.

Таким образом, плотность намывных песчаных грунтов, определяющая свойства основания, зависит от принятой схемы и технологических параметров намыва.

При проведении работ в условиях оптимальных режимов намыва намывные песчаные грунты обладают хорошей структурной прочностью, сравнительно малой сжимаемостью, большим сопротивлением сдвигу.

Литература

1. Мелентьев В. А. и др. Намывные гидротехнические сооружения.— М., 1973.
2. Юфин А. П. Гидромеханизация.— М., 1974.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ НАЧАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ УПЛОТНЕННОГО СКЕЛЕТНО-ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ЯДЕР ВЫСОКОНАПОРНЫХ ПЛОТИН *

(на примере возведения ядра Нурекской плотины)

Сафедобский грунт ядра Нурекской плотины — типичный скелетно-глинистый грунт, состоящий из мелкозема (диаметр фракций меньше 2—5 мм) и крупнозернистой составляющей (диаметр больше 2—5 мм). Для подобных грунтов состав и свойства необходимо проектировать таким образом, чтобы полученная структура уплотненного грунта обеспечивала невозможность процессов суффозии. Согласно принятой технологии уплотнения, следует соблюдать такие пропорции между мелкоземом и крупнозернистой составляющей, которые исключают образование жесткого скелета. В этом случае крупнозернистые фракции грунта разобщены мелкоземом. При соблюдении указанных требований механические и фильтрационные свойства уплотненного грунта, определяющие прочность сооружения, зависят главным образом от мелкозема, представленного глинистым грунтом [1].

Мелкозема в сафедобском грунте содержится 50—80%. По физическим свойствам и зерновому составу он относится к супеси, близкой к нижней границе зернового состава, допускаемого к укладке в ядро Нурекской плотины. Пылевато-глинистых частиц (меньше 0,05 мм) в нем 40,6%, коэффициент неоднородности (U) равен 80 (табл. 1, 2).

Экспериментально обследованы три начальных состояния мелкозема, определяемые плотностью, влажностью и удельной работой, затрачиваемой на уплотнение [2]. Первое начальное состояние грунта (I) является проектным состоянием для ядра Нурекской плотины. Оно отвечает начальной консистенции при влажности $W=0,095$ и оптимальном уплотнении по модернизированному методу *AASHO*, что эквивалентно уплотнению грунта в полевых условиях тяжелыми механизмами [3]. Второе начальное состояние грунта (II) принято при влажности $W=0,12$ и уплотнении удельной работой, аналогичной первому рассматриваемому состоянию (I). Такое начальное состояние было принято на первом этапе строи-

* Данная статья — результат исследований, выполненных автором в лаборатории строительных свойств грунтов кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов МИСИ имени В. В. Куйбышева.

Таблица 1

Физико-механические свойства мелкоземов*

Начальное состояние грунта	Плотность, г/см ³	Естественная влажность	Коэффициент пористости	Предел текучести мелкозема	Предел раскатывания мелкозема	Число пластичности	Степень влажности	Показатель консистенции	Удельная работа уплотнения, г·см/см ³
I	2,14	0,095	0,280				0,93	-0,5000	28000
II	2,04	0,120	0,343	0,155	0,115	0,040	0,96	0,125	28000
III	2,04	0,095	0,343				0,76	-0,5000	10000

* Объемная масса грунта — 2,74 г/см³.

Таблица 2

Гранулометрический состав (%) фракции, мм

5,0—3,0	3,0—1,0	1,0—0,5	0,50—0,25	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	<0,005
4,9	16,1	4,0	6,75	10,5	17,5	10,4	9,8	20,4

тельства. Третье обследованное состояние (III) повторяет консистенцию первого, но при плотности $\gamma_{ск}=2,04$ г/см³, т. е. грунт оказывается недоуплотненным в сравнении с первым состоянием. Недоуплотнение отвечает коэффициенту относительного уплотнения по формуле

$$D = \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_{ск}^{max}} = 0,95, \quad (1)$$

где $\gamma_{ск}$ — плотность при допущенном недоуплотнении; $\gamma_{ск}^{max}$ — плотность, отвечающая оптимальному уплотнению при заданной влажности $W = 0,095$.

Опыты по изучению закономерностей развития напряженно-деформированного состояния в допредельной области, предельном состоянии равновесия и последующем течении выполнены в стабилометре (цилиндрический образец $d=60$ мм и $h=127$ мм), когда $\sigma_1 \leq \sigma_2 = \sigma_3$ при значении параметра Лоде $\mu_\sigma = -1$, и на стенде I (полый цилиндрический образец $d_n=60$ мм, $d_b=35$ мм и $h=80$ мм) [4]. Обследовано пространственное напряженное состояние при различных значениях μ_σ . Эксперименты выполнены в режиме, задаваемом напряжениями. На первом этапе всех обследованных

траекторий развития напряженного состояния образец подвергался изотропному обжатию до заданного значения $\sigma_{нд}$. Девиаторный этап нагружения осуществлялся при постоянном значении в каждом опыте параметров траекторий $K_{\sigma} = \frac{\sigma_d}{\sigma_i}$ и μ_{σ} . Таким образом,

траектория определялась тремя параметрами ($\sigma_{нд}$, K_{σ} и μ_{σ}), постоянными в каждом опыте [2].

Исследованию дилатансии уделялось особое внимание как основному фактору, определяющему совместное влияние инвариантов σ и σ_i на формоизменение и объемную деформацию. Для этого дилатантная составляющая объемной деформации выделялась из общей объемной деформации [5, 6].

Результаты выполненного экспериментального исследования показали, что изотропное обжатие мелкозема сафе-

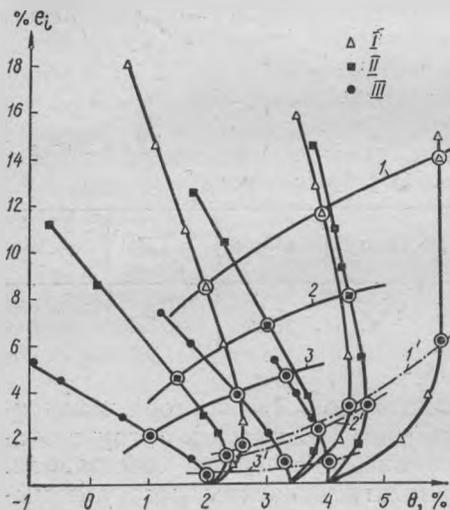


Рис. 1. Зависимости $e_i = e_i(\theta)$ формоизменения от общей объемной деформации в различных траекториях нагружения при $\sigma_{нд} = 5,15$ и 25 кгс/см² ($\mu_{\sigma} = -1$, стабилометр): I — $K_{\sigma} = 0,33$; II — $K_{\sigma} = 0$; III — $K_{\sigma} = -0,7$

добского грунта уменьшается до 2—2,5 раза при увеличении плотности от $2,04$ г/см³ (второе и третье исследованные начальные состояния) до $2,14$ г/см³ (первоначальное состояние). Существенно также влияние начального уплотнения на деформируемость в процессе девиаторного этапа развития траектории. Для тех же плотностей $2,04$ и $2,14$ г/см³, отвечающих соответственно коэффициентам пористости $0,343$ и $0,280$, величина формоизменения e_i на различных этапах допредельного нагружения отличается до 3 раз, а $e_i^{пр}$ — до 1,6 раза.

При этом вызванная сдвигом дилатансия несколько увеличивает объемные деформации. Указанное влияние можно проследить по графику (рис. 1), на котором для различных уровней изотропного обжатия $\sigma_{нд}$ показаны семейства кривых зависимостей $e_i(\theta)$. Так, дилатансия уплотнения с изменением K_{σ} от $0,7$ до $0,33$ при $\sigma_{нд} = 25$ кгс/см² увеличивается на $1,2\%$, а дилатансия разрыхления,

являющаяся следствием начального уплотнения, меняется в зависимости от параметра траектории K_σ до 1%. Указанные величины меньше значений объемной деформации от изотропного обжатия, но они приводят к качественному изменению работы грунта во всей зоне возникающего разрыхления. Вследствие этого существенно увеличивается сопротивляемость грунта действующей нагрузке.

Из анализа экспериментального материала для I и III изученных начальных состояний следует, что значение коэффициента относительного уплотнения D должно приближаться к 0,98. Эта величина рассматриваемого критерия соответствует требованию, согласно которому грунт в процессе полного водонасыщения при эксплуатации плотины сохраняет принятую начальную консистенцию. Данный вывод относится не только к строительству Нурекской плотины. Он должен получить более широкое обобщение.

Для правильного выбора начального состояния при прогнозе работы высоконапорных грунтовых плотин также особенно важно оценить влияние уровня напряженного состояния, т. е. изменения деформаций и прочности в зависимости от величины основных инвариантов, определяющих напряженное состояние сооружения. Для учета этого фактора использовались найденные при широком диапазоне изменения уровня изотропного обжатия $\sigma_{нд}$ выражения для предельного состояния равновесия (кривые 1, 2 и 3) и границы перехода от уплотнения к разрыхлению (кривые 1', 2' и 3') [2]:

$$e_i^{np} = (b_1 + b_2 \sigma_{нд}) \left(\frac{\Theta^{np}}{c_1 c_2} \right)^{\frac{b_3}{c_3}}; \quad (2)$$

$$e_i^0 = (a_1 + a_2 K_\sigma)(\sigma_{нд} + K_\sigma \sigma_i^0) + m \left(\frac{\sigma_i^0}{l} \right)^r, \quad (3)$$

где a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , b_3 , c_1 , c_2 , c_3 , l , m и r — экспериментальные коэффициенты.

Анализ полученных зависимостей показал, что скелетно-глинистый грунт следует укладывать в ядра высоконапорных плотин при влажности, обеспечивающей твердую консистенцию его мелкозема. Так как диапазон изменения предела раскатывания может быть близок к числу пластичности, особое внимание следует уделять устранению возможности перехода мелкозема при строительстве и эксплуатации плотины в текуче-пластичное состояние. Это способствует недоуплотнению грунта, возникновению порового давления, задержке консолидации ядра и проявлению длительных деформаций.

Аналогичный эффект влияния степени уплотнения на деформируемость и прочность установлен также и для чарвакского суглин-

ка [2]. Поэтому опыт применения найденных новых зависимостей для сафедобской супеси, рассмотренных с целью решения некоторых задач выбора параметров начального состояния, можно распространить и на другие глинистые грунты (суглинки и супеси), используемые при возведении ядер высоконапорных грунтовых плотин.

Литература

1. Хоу Б. К. Основы инженерного грунтоведения.— М., 1966.
2. Ломизе Г. М., Федоров В. Г. Влияние начального состояния скелетно-глинистого грунта на его деформируемость и прочность.— Гидротехническое строительство, 1975, № 12.
3. Борткевич С. В. Основные требования к качеству скелетно-глинистых ядер каменно-земляных плотин.— Гидротехническое строительство, 1973, № 8.
4. Ломизе Г. М., Иващенко И. Н., Захаров М. Н., Исаханов А. А. О деформируемости, прочности, ползучести глинистых грунтов ядер высоконапорных плотин.— Гидротехническое строительство, 1970, № 11.
5. Ломизе Г. М. Вопросы деформируемости и прочности грунтовой среды.— В кн.: Вопросы прочности и деформируемости грунтов. Баку, 1966.
6. Ломизе Г. М. Прочность и деформируемость грунтов ядер высоконапорных плотин и оснований гидротехнических сооружений.— Гидротехническое строительство, 1973, № 8.

А. В. КЛОПОЦКИЙ, В. П. БУДЯНОВ

НОВЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

При автоматизации производственных процессов могут быть широко использованы некоторые устройства контроля и управления на основе герконов.

Рассмотрим возможности применения этих устройств для контроля и измерения влажности почвы.

При построении автоматизированных систем полива геркон может быть использован для индикации уровня влажности почвы и включения управляющего агрегата на полив. При этом в качестве первичного измерительного преобразователя влажности используется тензиометр, основной частью которого является длинный фарфоровый полый стержень, заполненный жидкостью [1]. В верхней части стержня имеется механическая мембрана, которая деформируется при изменении внешнего или внутреннего давления. При снижении уровня влажности в почве жидкость через стенки сосуда просачивается в почву, что снижает уровень давления внутри стержня и приводит к деформации мембраны.

По мере увеличения влажности почвы жидкость через микропоры в стенках сосуда просачивается обратно в сосуд, увеличивая тем самым давление в сосуде. Мембрана при этом возвращается в свое исходное состояние. Деформация мембраны фиксируется с помощью индикаторной головки, например ИГ-1. По положению стрелки индикатора можно судить о величине влажности контролируемой почвы.

Расположив на шкале индикаторной головки герконы, а на стрелке постоянный магнит, вес которого (10—15 г) практически не повлияет на точность измерений, получим устройство для преобразования влажности почвы в релейный электрический сигнал. В нем каждый из герконов включается при повороте стрелки с магнитом на определенный угол, что означает достижение контролируемой величины строго определенного значения. При этом возможно измерение контролируемой величины в дискретной форме в виде двоичного сигнала.

Данное устройство позволяет осуществлять автоматическое включение и отключение поливочного агрегата при соответствующих величинах влажности почвы.

Герконы могут быть использованы и в качестве концевых выключателей, применяющихся для фиксации положения тел друг относительно друга. Геркон располагается на одном из тел, а постоянный магнит или электромагнит — на другом.

Применение герконов в качестве концевых выключателей увеличивает срок службы выключателей и их надежность, позволяет осуществлять контроль положения затвора с последующим преобразованием степени его открытия в электрический сигнал.

Есть возможность применять герконы для контроля и регулирования уровня воды в каналах. Как известно, самые распространенные измерители уровня в открытых каналах и закрытых резервуарах — поплавковые датчики. Чувствительный элемент такого датчика — поплавок, перемещение которого при изменении контролируемого уровня передается стрелке измерительного прибора, сельсину-датчику, шкиву и т. п. При расположении на неподвижном циферблате герконов, относительно которых вращается шкив или стрелка с закрепленным магнитом, возможен дистанционный контроль или автоматическое регулирование уровня воды в канале путем управления положением затвора с помощью замыкающих контактов герконов.

Применение герконов в рассмотренных устройствах позволяет значительно упростить преобразование полученной информации в цифровой код для ввода в вычислительные машины.

Герконы могут быть с успехом применены для контроля и дискретного измерения любых физических величин, которые пре-

образовываются в линейное или угловое перемещение, например в водопроводно-канализационном хозяйстве (контроль уровня и расхода жидких сред), при автоматизации процессов строительного производства (дозаторы, различные сигнальные устройства и переключатели), в автомобильном хозяйстве (бензоаправочные станции), для контроля скорости вращения подвижных частей, для коммутации электрических цепей, в газораспределительной сети.

Литература

1. Ганкин М. З. Автоматизация и телемеханизация производственных процессов.— М., 1977.

Н. Н. ВОДЧИЦ, Ю. В. СТЕФАНЕНКО, В. Е. ВАЛУЕВ

О ВЛИЯНИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ НА СРЕДНИЙ ГОДОВОЙ СТОК РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Наиболее доступная для использования в народном хозяйстве часть водных ресурсов — речной сток. Это один из расходных элементов водного баланса и в условиях равнинных водосборов с достаточным увлажнением может достигать в отдельные годы 50—55% всего расхода влаги.

Выявлению степени влияния осушения на гидрологический режим рек посвящены работы многих исследователей.

При изучении влияния гидротехнических мелиораций на водный режим, как правило, пользуются методом сравнения характеристик до и после осуществления мелиоративных мероприятий. В этой связи, на наш взгляд, открываются возможности использования климатического стока для оценки влияния осушительных мелиораций или же водохранилищ на водный режим отдельных территорий, поскольку его расчетная величина не искажена факторами русловой и бассейновой трансформации, гидромелиоративным строительством и т. д.

Для установления важнейших зональных закономерностей распределения стока необходимо располагать такими характеристиками, в которых исключалось бы влияние на сток зональных факторов. Этим требованиям наилучшим образом отвечают величины с водосборов площадью не менее 2 тыс. км². Зональными также являются величины стока, полученные для среднего года по

разности общего увлажнения и суммарного испарения, так как в первую очередь обуславливаются климатическими факторами.

Для определения среднего годового климатического стока нами был использован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), разработанный в 1969 г. в Омском сельскохозяйственном институте [1]. Исходными данными для исследований послужили результаты стационарных наблюдений, публикуемые гидрометеорологической службой СССР, и материалы экспедиционных и стационарных исследований территориального гидрометеорологического центра БССР.

Анализ используемых материалов показывает, что основным источником питания рек Белорусского Полесья являются атмосферные осадки, среднегодовая величина которых на юге Полесья 625 и на севере 775 мм. В летний и зимний периоды реки питаются за счет подземных вод. Величины среднего годового стока, полученные методом ГКР, показывают, что абсолютные величины климатического стока возрастают с юга на север Полесья от 100 до 190 мм. Территориальное распределение величин годового стока предопределяется в основном орографическими особенностями местности и количеством атмосферных осадков.

В связи с корректировкой осадков определенный интерес представляет характеристика доли стекающей влаги, которая характеризуется коэффициентом стока. Исследования показали, что в возвышенных районах северной части региона в связи с более высоким увлажнением и большой расчлененностью рельефа коэффициенты годового стока, как правило, существенно выше (0,25—0,30) их значений в низменных районах (0,13—0,18). Это объясняется тем, что в низменных районах вследствие равнинного характера рельефа и высоких ресурсов тепла большая часть годовых сумм атмосферных осадков расходуется на испарение. Так как решающее влияние на величину стока и особенности его распределения по рассматриваемой территории оказывают осадки, то естественно ожидать количественную близость климатического и измеренного (гидрометрического) годовых стоков.

Для 17 водосборов левобережных притоков Припяти были определены величины среднегодового стока до 1962 г., когда в Белорусском Полесье еще не проводились в широких масштабах гидромелиоративные работы. Сравнение климатического и гидрометрического стоков показало, что между ними имеется сходство (расхождение отдельных величин не превышает 15%). Отличие измеренного и рассчитанного стоков объясняется тем, что в условиях равнинных бассейнов достаточно часто при увеличении атмосферных осадков с части бассейна одной реки происходит сбрасывание воды в соседний бассейн, т. е. в некоторые годы водораздель-

ная линия перемещается. Такие явления особенно часто встречаются в низменных заболоченных, небольших по размеру бассейнах. Отмеченное обстоятельство следует иметь в виду при исследовании, иначе может быть значительная вариация площадей водосборов. В результате точное вычисление гидрометрического стока для небольших водосборов может существенно отличаться от фактического.

С 1962 по 1974 г. произошло, как показывают данные, увеличение среднегодового стока большинства рек Белорусского Полесья. Существенным фактором, определяющим увеличение измеренного среднегодового стока в бассейне Припяти, является влияние осушительных мелиораций. Так, сток Мухавца увеличился от 100 до 130 мм, Ясельды — от 120 до 137, Птичи — от 153 до 182 мм. На таких реках, как Лань и Цна, где с 1962 по 1973 г. осушительные мелиорации почти не проводили, увеличение стока не произошло. Исследования по совмещенным разностным интегральным кривым стока наиболее значительных рек показали, что в период интенсивного гидромелиоративного строительства в бассейнах рек наблюдается некоторое увеличение среднегодового стока в сравнении с немелиорированными бассейнами.

Под влиянием гидротехнических мелиораций происходит трансформация среднегодового стока, что вызывает проблемы ее оценки. Среднегодовая величина стока и площади мелиорированных земель имеют достаточно тесную связь (коэффициент корреляции равен 0,8), которая аппроксимируется зависимостью

$$Y = 108 + 2,06X_0,$$

где Y — средний годовой сток, мм; X_0 — площадь осушенных земель в бассейне реки, выраженная в % от общей площади водосбора.

Мелиорации увеличивают величину среднего годового стока на 2 мм на 1% мелиорированной площади бассейна. Это происходит за счет улучшения условий стока воды, сокращения суммарного испарения и частично за счет сработки вековых запасов грунтовых вод с мелиорированной части водосбора и прилегающих к ним земель. Как видно, кроме положительного влияния, которое оказывает осушение, возникают и отрицательные последствия. Ухудшается водный режим прилегающих территорий, а на мелиорированных землях в засушливые периоды года наблюдается дефицит суммарного увлажнения почво-грунтов.

Для преодоления отрицательных последствий осушения необходимо вместо осушительных систем создавать системы двустороннего регулирования, аккумулировать избытки весеннего стока в прудах и водохранилищах, а также проводить другие мероприятия,

чтобы максимально уменьшить отрицательные последствия осушения.

Несомненно, анализ и количественная оценка достоверности климатического стока отдельных лет, оценка влияния на сток гидротехнических мелиораций требуют серьезных дальнейших исследований.

Литература

1. Мезенцев В. С., Карнацевич И. В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины.— Л., 1969.

А. А. ОМЕЛЬКО, П. В. ШВЕДОВСКИЙ, А. С. ПРИБЫШЕНА

НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ПРОЦЕССА ВЛИЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РЕЖИМ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Все методы прогноза можно разделить на три группы: эмпирические, балансовые и гидродинамические.

Модели эмпирических прогнозов базируются на гидрогеологических исследованиях, эмпирических зависимостях и связях, реализуемых с помощью физического и математического моделирования. Они устанавливают зависимость уровней подземных вод (УПВ) и других компонентов режима от различных гидролого-геофизических факторов, используя аналогию между природными явлениями, а также вероятностно-статистические методы.

Для построения моделей гидродинамических прогнозов используют уравнения динамики подземных вод, эти модели базируются на аналоговом и математическом моделировании.

Основой моделей балансовых прогнозов являются балансовые уравнения в общей или развернутой форме и математическое моделирование.

Все модели прогнозов учитывают закономерности естественного режима подземных вод.

При прогнозе влияния необходимо четко разграничивать его элементы (подъем и спад уровня, амплитуды и т. д.) и структуру, которую создают совокупности элементов.

Мелиоративное строительство в целом создает новую структуру режима, формирование которой совпадает с началом работ и заканчивается в период наступления стабилизации режима.

Аналоговое моделирование процесса влияния на гидро- и элек-

троинтеграторах всех типов не позволяет создать динамичную и относительно точно воспроизводящую бассейновую модель прогноза. Создание же физической модели с аналоговыми преобразователями или сеточной электрической модели требует огромных материальных затрат и большого объема исходных данных, которых в настоящее время ни для одного речного бассейна не имеется.

Недостаточность знаний о закономерностях формирования гидролого-гидрогеологической обстановки смежных территорий, о связях водоносных горизонтов с геофизическими процессами, взаимодействии последних с техногенными процессами, а также с подземным и поверхностным стоками определяет перспективность применения вероятностных методов с созданием адекватных математических моделей.

В настоящее время широко используются стохастические модели, основанные на корреляционных связях между факторами процесса [1].

Использование симплекс-метода позволило построить неполную трехфакторную кубическую модель второго порядка

$$\Delta h_0 = \beta_1 y_1 + \beta_2 y_2 + \beta_3 y_3 + \beta_{12} y_1 y_2 + \beta_{23} y_2 y_3 + \beta_{13} y_1 y_3 + \beta_{123} y_1 y_2 y_3, \quad (1)$$

удовлетворяющую условию

$$\sum_{i=1}^3 y_i = 100,$$

где y_i — критерии, определяющие долю участия i -го фактора в процессе; i — число варьирующих факторов; β_{ij} — регрессионные коэффициенты; Δh_0 — расчетное снижение уровня грунтовых вод, м.

Обработка опытных данных по объектам и системам Белорусской ССР и Украинского Полесья позволила выбрать более представительные критерии типа:

гидролого-гидрогеологической характеристики

$$y_1 = \frac{n}{\sqrt{\frac{qx^2}{aH^2}}}; \quad (2)$$

мелиоративно-геофизической

$$y_2 = y_2' + y_2'', \quad (3)$$

$$y_2' = kh_{\text{дп}}^{\text{эФ}} \sqrt{\frac{F}{t}}, \quad (4)$$

$$y_2'' = [100 - (y_1 + y_3 + y_2')]; \quad (5)$$

характеристики интенсивности воздействия

$$y_3 = \sqrt{\frac{x^2}{mat}}, \quad (6)$$

где q — суммарное инфильтрационное питание потока, м/сут; x — расчетный радиус зоны влияния, м; H — мощность водоносного горизонта, м; t — время воздействия, сут; F — площадь мелиоративного объекта, га; $h_{др}^{эф}$ — расчетное снижение УГВ на границе при $x = 0$.

Для систем одностороннего действия регрессионные коэффициенты соответственно имеют значения +0,031; +0,083; +0,013; +0,037; +0,028; —0,077; —0,002.

Для систем двустороннего действия расчетная модель имеет вид

$$\Delta h_0 = (b_1 k y_1 + b_2 k^2 y_2 + b_3 k^3 y_3) \exp(-z^2), \quad (7)$$

где $z = \frac{x}{2\sqrt{at}}$; $k = \frac{1}{1+pz}$; b_1, b_2, b_3, p — коэффициенты системы, равные соответственно +35; —0,096; +0,75; +0,47.

Для взаимодействующих систем применимы эти же модели с вводом в критерий y_3 коэффициента неравномерности влияния взаимодействующих систем

$$k_{нер} = \frac{1,38}{3\sqrt{x}} \sqrt{\sigma^{3,1}} \quad (8)$$

(здесь σ — коэффициент взаимодействия систем [2] с изменением значений коэффициентов n, m, k, b_1, b_2, b_3 и p , равных соответственно +2,41; +0,089; +14,7; +0,31; —0,012; +0,64; +0,49).

Проверка адекватности модели и натуральных объектов производилась по дисперсии неадекватности с использованием критерия Фишера путем сравнения расчетных $F_p^{7 \cdot 3}$ и табличных $F_T^{7 \cdot 3}$ критериев на различных уровнях значимости [3, 4]. Используя линейность модели, расчеты наибольшей относительной погрешности выборочного среднеквадратичного отклонения величины Δh_0 , определяемой через квантили t и χ^2 -распределения, при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и числе степени свободы $f = 6$ определяют $\lambda_{\Delta h_0} \leq 0,06$ и $\lambda_{\omega(\Delta h_0)} = 2,03$, где $\lambda_{\omega(\Delta h_0)}$ — предельная погрешность коэффициента вариации Δh_0 . Предположение о нормальной плотности распределения Δh_0 , характеризующее нулевой эксцесс при 5%-ном риске ошибки, определяет погрешность в оценке абсолютного значения УГВ в пределах (+23,6) — (—30,1) %.

Более динамичной функциональной моделью процесса, рассматриваемого нами как бесконечная взаимосвязанная цепь причинно-следственных явлений, ограниченно изменяющихся в пространстве

и во времени, с единичной степенью обратной связи, определяющей условия пропорциональности и суперпозиции, является модель [5, 6]

$$\frac{dh}{dt} = F_t(Q_0 - Q_t), \quad (9)$$

где F_t — функция преобразований; Q_0 и Q_t — соответственно вход (приток) и выход (сток) в исследуемой системе. Эта модель удовлетворяет следующей системе уравнений:

$$\int_0^t [u_t, h_0(0, 0), h_m(x, t)] dt = \min |_{u_t=h}; \quad (10)$$

$$\Delta h(t) = \varphi(h_0) \cdot F_t;$$

$$M[\Delta u(t)] = h^m(x, t),$$

где u_t — функциональное пространство возможных формирований функции H_0 ; M — математическое ожидание расчетной функции; $F(t)$ — уровенная функция, характеризующая пространственное изменение УГВ во времени; $\varphi(h_0)$ — функция связи УГВ и режимоформирующих факторов.

Структурная схема исследуемого объекта включает зону воздействующего объекта (ЗВО), зону подземных вод смежной территории (ЗПВ), зону аэрации (ЗА), приток напорных вод ($Q_{ГНВ}$), боковой приток ($Q_{бок}$), отток на испарение ($Q_{ис}$), подпитку с уровня грунтовых вод ($Q_{п}$) и обратные связи (OC_i) (рис. 1).

В соответствии с исследованиями объект по всем каналам воздействия (кроме $Q_{бок}$ и $Q_{ГНВ}$) является статическим и характеризуется линейными свойствами.

Согласно теории экстремальных систем, результативная последовательность процесса, формируемого наложением на естественный режим влияния воздействий естественных (H_p) и техногенных факторов ($H_{вл}$), представляет собой дискретный случайный процесс с определенным периодом повторения [6] и может быть представлена квадратурными составляющими режимов

$$H(n, t) = \{[H_p^1(n, t) + H_{вл}^1(n, t)]^2 + [H_p^2(n, t) + H_{вл}^2(n, t)]^2\}^{1/2}. \quad (11)$$

При нормальном законе изменения естественного режима для составляющих $H_i(n, t)$, аппроксимируя гидрологическую систему рядом звеньев с рассредоточенными параметрами и приняв в качестве основных характеристик передаточную функцию и импульсную переходную характеристику, представляющую реакцию системы на δ -функцию, сопряженную по Лапласу и связанную преобра-

В качестве основных блоков введены: параметр воздействия P , комплекс режимоформирующих факторов (КРФ), коэффициенты: интенсивности воздействия (K/P), случайности ($K_{сл}$), ослабления воздействия во времени (K_c), влияния обратной связи ($K_{об}$), передаточная функция (K_T).

Модель реализована на ЭВМ «Минск-22». Погрешность прогнозных характеристик не превышает $\pm 18\%$ и зависит от точности и полноты исходных данных.

Литература

1. Статистические методы в гидрологии.— Л., 1970.
2. Ивицкий А. И., Шведовский П. В. О наложении влияния взаимодействующих мелиоративных систем на снижение УГВ смежных территорий.— Тр. БелНИИМнВХ, т. XXV. Мн., 1977.
3. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений.— М., 1968.
4. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций.— М., 1968.
5. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их приложение.— М., 1968.
6. Кайсл Ч. Анализ временных рядов гидрологических данных.— Л., 1972.

А. И. ЗЯТЬКОВ, В. А. ГЕРБУТОВ, Т. А. НОВИКОВА

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНДИКАЦИИ МАГНИТООБРАБОТАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Для решения комплексной проблемы защиты водоемов от загрязнения может быть использован переход на оборотные системы водоснабжения вместо прямоточных. Однако в результате многократного пользования воды изменяются ее качественные показатели, в частности увеличивается общее содержание солей, что приводит к интенсивному накипеобразованию. В связи с этим важной проблемой является контроль солевого состава и меры по его стабилизации, по предотвращению образования накипи на тепловых поверхностях.

Из существующих реагентных и безреагентных способов борьбы с накипеобразованием наиболее простой и экономичный — обработка воды в магнитном поле, когда в потоке жидкости появляются условия для образования кристаллических зародышей, сорбирующих на своих поверхностях ионы карбонатов кальция и магния, растущих и выпадающих в виде шлама.

Несмотря на то что данный эффект вполне стабилен и экспериментально проверен, строгой теоретической модели его пока не существует.

Многочисленные эксперименты позволяют сделать несколько основных выводов по сущности эффекта магнитной обработки воды: эффект существует в растворах, находящихся в метастабильной или лабильной областях [1]; он состоит в электродинамическом воздействии на ионы и ионные конгломераты, укрупняющиеся в процессе вращательного движения в магнитном поле [2]; эффект зависит не только от внешних факторов (величина индукции магнитного поля, неоднородность поля, скорость протекания раствора через поле), но и от внутренних (магнитная восприимчивость раствора, электропроводность и др.) [3].

Воздействие магнитного поля на раствор оценивают непосредственно по степени накипеобразования в необработанном и обработанном растворах. Оценка эффективности (A_3) производится по формуле

$$A_3 = \frac{P_0 - P}{P_0} 100\%,$$

где P_0 и P — вес накипи соответственно без обработки и после обработки в магнитном поле.

Недостатком прямых методов определения A_3 , при которых испытуемый раствор кипятится, а затем взвешивается с образовавшейся накипью, является большая продолжительность опыта, невозможность проделать испытание в движущейся жидкости, необходимость при постоянном контроле вторгаться в систему.

Проблема постоянного контроля за качеством обработки воды связана с использованием косвенных методов, основанных на изменении физических свойств раствора после его обработки в магнитном поле. Главная задача здесь — установление корреляции между параметрами, выбранными в качестве индикаторных характеристик, и A_3 .

В качестве объектов для сравнительных исследований выбраны три антинакипных устройства: ПМУ, М-1 и ЭМ (электромагнит).

Индикаторные характеристики исследования: коэффициент поверхностного натяжения водного раствора, концентрация водородных ионов, угол поворота плоскости поляризации в магнитном поле, A_3 . В целях сравнения этих параметров для различных аппаратов скорость протекания воды через них поддерживали постоянной, что исключало возможное изменение свойств при изменении скорости.

Коэффициент поверхностного натяжения воды определяли при помощи прибора Ребиндера с погрешностью, не превышающей 1%.

Среднестатистические данные экспериментов

Показатели	Без магнитной обработки	Магнитообработанные растворы в типах аппаратов		
		ЭМ	ПМУ	М-1
Напряженность поля $H \cdot 10^{-5}$, А/м	—	2	0,6	0,05
Коэффициент поверхностного натяжения $\alpha \cdot 10^3$, Н/м	72,5	72,6	72,8	72,7
Концентрация водородных ионов рН	7,4133	7,667	7,5566	7,4475
Поворот плоскости поляризации, град (А) $\cdot 10^3$	19,607	18,193	18,483	19,221
A_s	0%	50%	45%	40%

Концентрацию водородных ионов водных растворов измеряли рН-метром типа ЛПУ-1 с ошибкой не более 1%, а угол поворота плоскости поляризации — на поляриметре типа СМ, вставленном в соленоид со средней напряженностью поля $1,18 \cdot 10^{-5}$ А/м (табл. 1).

Достоверность полученных результатов с учетом случайных отклонений составляет 82—86%.

Анализ экспериментальных данных таблицы показывает, что существует корреляция между A_s и концентрацией водородных ионов, а также между A_s и углом поворота плоскости поляризации в магнитном поле. Следовательно, если приборы для измерения указанных параметров установить в системах оборотного водоснабжения, то можно проводить непрерывный контроль за степенью намагничивания раствора и за величиной антинакипного эффекта.

Кроме того, в экспериментах было установлено, что существует оптимальная скорость протекания водного раствора через аппараты для магнитной обработки (это, по-видимому, связано с наличием предельного значения для силы Лоренца), а системы магнитообработанных водных растворов обладают определенным временем релаксации, в течение которого эффект практически исчезает. Это означает, что магнитная обработка в системах водоснабжения должна производиться непрерывно или с интервалом времени, меньшим времени релаксации.

Данная методика может быть использована также и для сравнения различных конструкций аппаратов для магнитной обработки.

Литература

1. Хамский В. Е. Кристаллизация из растворов.— Л., 1967.
2. Классен В. И. Вода и магнит.— М., 1973.
3. Миненко В. И., Петров С. М., Минц М. И. Магнитная обработка воды.— Харьков, 1962.

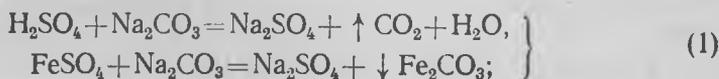
Т. Л. БРУК-ЛИВЕНСОН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ ДЛЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

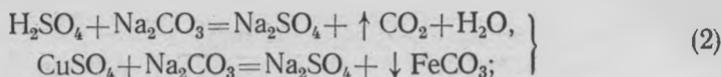
Обезвоживание кислых металлосодержащих стоков, образующихся в травильных отделениях различных отраслей промышленности, можно осуществлять путем их нейтрализации щелочными реагентами, в том числе кальцинированной содой. Определение дозы реагента представляет весьма важный этап при проектировании станций нейтрализации сточных вод и при контроле за их работой. Оптимальная доза соды — неперемное условие обезвреживания сточных вод. Несоблюдение этого требования исключает возможность обеспечения очистки стоков. К тому же превышение дозы реагента сверх необходимой ведет к неоправданному удорожанию эксплуатации. Потребные дозы кальцинированной соды рассчитываются обычно по стехиометрическим соотношениям и принимаются с некоторым избытком, величина которого зависит от специфичности свойств соды, вида и состава сточных вод. К сожалению, эти данные не всегда известны проектантам, что ведет к погрешностям в определении доз соды.

Методика нахождения доз реагента может быть упрощена, а надежность результатов повышена, если использовать соответствующие экспериментальные данные и номограммы, разработанные для наиболее распространенных видов сточных вод.

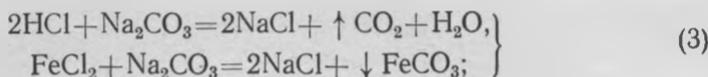
Реакции нейтрализации таких стоков кальцинированной содой описываются следующими уравнениями:
сернокислых железосодержащих



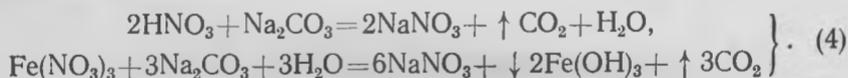
сернокислых медьсодержащих



солянокислых железосодержащих



азотнокислых железосодержащих



Как видно из уравнений (1) — (4), при нейтрализации стоков кальцинированной содой происходит образование и выделение углекислого газа, что должно учитываться при проектировании станций нейтрализации.

Необходимые дозы кальцинированной соды могут быть рассчитаны по формуле

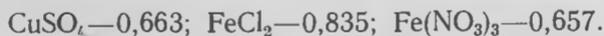
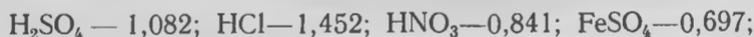
$$D = \frac{K}{A} (mH + nC), \quad (5)$$

где K — коэффициент избыточной дозы соды по сравнению с расчетным; A — содержание Na_2CO_3 в товарном продукте (в долях); m , n — теоретически потребные расходы соды на нейтрализацию одной массовой части соответственно кислоты и соли, содержащихся в сточных водах; H , C — концентрация в сточных водах соответственно кислоты и ее соли ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Параметр A характеризует сорт кальцинированной соды. Согласно ГОСТу 5100-73, содержание Na_2CO_3 в техническом продукте должно быть не менее 0,992—0,990. С некоторым запасом берем меньшее значение ($A=0,99$). Тогда формула (5) принимает следующий вид:

$$D = 1,01K (mH + nC), \text{ кг}/\text{м}^3. \quad (6)$$

Величина коэффициента K принимается по экспериментальным данным, а значения параметров m и n следующие ($\text{кг}/\text{кг}$):



Приведенные данные позволяют рассчитывать потребную дозу

кальцинированной соды. Пусть, например, нейтрализации подлежат отработанные солянокислые железосодержащие травильные растворы, в которых H (HCl) = 20 кг/м³ и C ($FeCl_2$) = 70 кг/м³.

Подставив в формулу (6) цифровые значения, получим величину дозы товарной кальцинированной соды:

$$D = 1,01 \cdot 1,70 \cdot (1,452 \cdot 20 + 0,835 \cdot 70) = 150,2 \text{ кг/м}^3.$$

Еще более просто дозы соды определяются с помощью номограмм, приведенных на рис. 1 (для промывных вод) и на рис. 2

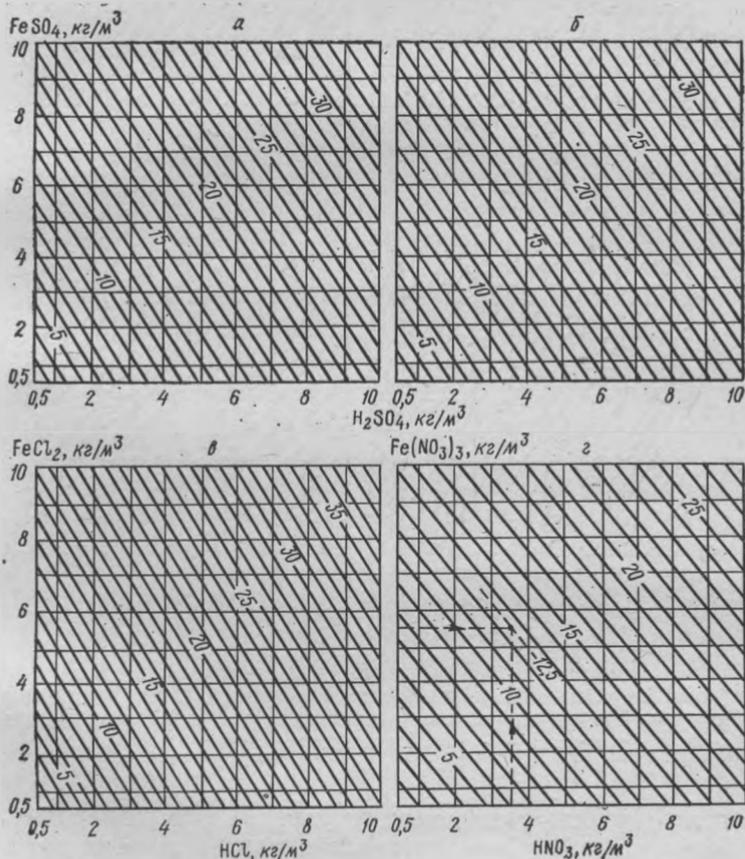


Рис. 1. Номограммы для определения доз кальцинированной соды (кг/м³) на нейтрализацию промывных вод: а — сернокислых железосодержащих; б — сернокислых медьсодержащих; в — солянокислых железосодержащих; г — азотнокислых железосодержащих

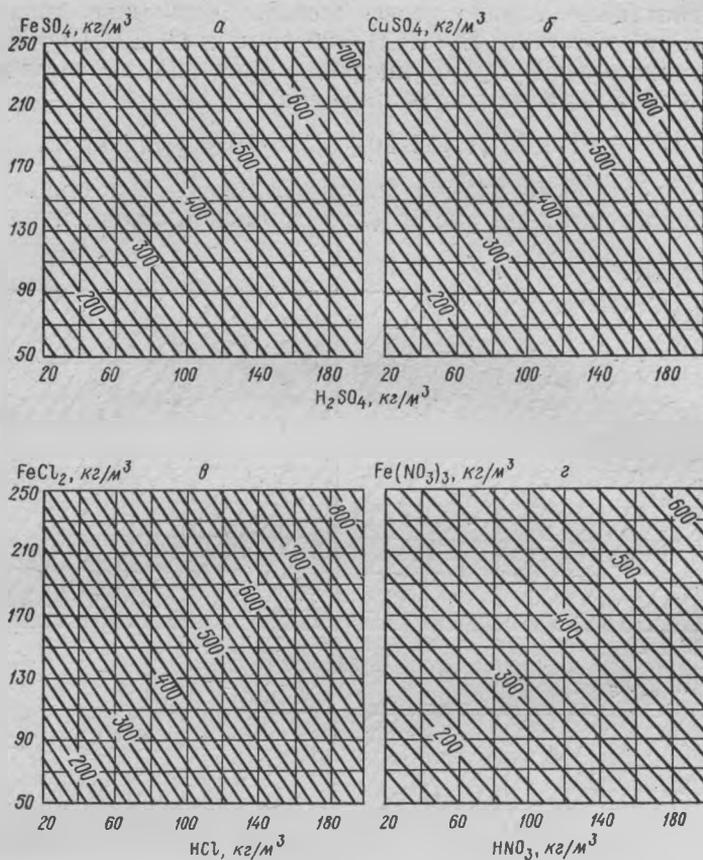


Рис. 2. Номограммы для определения доз кальцинированной соды ($\text{кг}/\text{м}^3$) на нейтрализацию отработанных правильных растворов: а — сернокислых железосодержащих; б — сернокислых медьсодержащих; в — солянокислых железосодержащих; г — азотнокислых железосодержащих

(для отработанных травильных растворов). На номограммах по осям абсцисс показаны концентрации кислот, а по осям ординат — концентрации солей. Пример пользования номограммами показан на рис. 1 ($\text{HNO}_3=3,5 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3=5,5 \text{ кг}/\text{м}^3$ и $D=12,6 \text{ кг}/\text{м}^3$). Это избавляет от необходимости в расчетах, что повышает надежность результатов и сокращает трудозатраты.

БАЛАНСОВЫЙ МЕТОД УЧЕТА УБЫЛИ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Интенсивность минерализации органического вещества (ОВ) торфяно-болотных почв в значительной степени определяется характером их использования. Величина ежегодной минерализации и потерь органического вещества, приводимая разными исследователями, колеблется от 1 до 16 т/га.

Существует много методов определения убыли органического вещества. Нами изучался балансовый [1], сущность которого — в учете расходных и приходных статей при минерализации торфа. Убыль органического вещества определяется величиной отчуждаемой при уборке хозяйственно ценной части урожая (зерно, солома, корне- и клубнеплоды и т. д.) и непроизводительными потерями (с дренажными водами, ветровой эрозией, в форме летучих соединений и т. п.). Приходной статьей баланса считают корневые и пожнивные остатки, опад. Эти показатели приходной статьи вычитаются из общей убыли органического вещества. Для идентификации статей баланса все операции опосредованы через азот. При этом обязательным условием является неприменение азотных удобрений под возделываемые культуры, что обеспечивает формирование биомассы за счет азота почвы (торфа). Мы полагаем, что в таком подходе ошибочным является учет в балансовых расчетах компенсации растительными остатками (корневыми, пожнивными, опадом).

Детальный анализ статей баланса показывает, что органическое вещество, синтезируемое при возделывании культур на торфяных почвах, состоит из отчуждаемого урожая, биомассы корневых и пожнивных остатков, опада. Последние остаются в почве или поступают в почву при ее обработке. Органическое вещество растительных остатков при невнесении в почву азотных удобрений формируется за счет азота, высвобождающегося в процессе минерализации органического вещества торфа (и растительных остатков предшествующей культуры). Азот органического вещества растительных остатков, возвращаясь в почву, замыкает «малый» кругооборот азота и органического вещества (рис. 1). Растительные остатки служат при этом «аппаратом возврата» [2], а не компенсации.

Таким образом, по балансу азота нет оснований для учета

компенсации убыли торфа за счет остатков растений: азот торфа возвращается в почву вместе с органическим веществом растительных остатков. Правда, масса растительных остатков, как правило, больше массы минерализованного торфа, ушедшего на их образование (из-за различного содержания азота). Однако благодаря интенсивной минерализации свежего органического вещества уже через 3—5 лет после запашки пожнивные и корневые остатки полностью разлагаются [3]. Поэтому при возделывании культур в севообороте в среднем за ротацию в почве будет находиться посто-

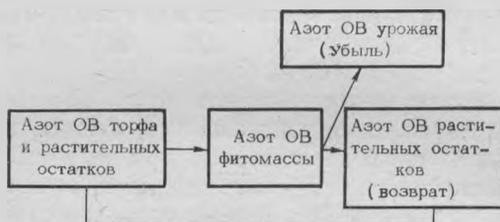


Рис. 1. Кругооборот азота органического вещества растительных остатков

янное количество свежего органического вещества, состоящего из растительных остатков 3—5 предшествующих лет. В количественном выражении из-за различной степени гумификации в связи с различной давностью нахождения в почве это примерно равно 1,5—2,5-летнему (средневзвешенному за ротацию) количеству корневых и пожнивных остатков и опада. Например, 100% остатков текущего года плюс неразложившиеся 50, 25 и 0% соответственно каждого из предшествующих лет.

При многолетнем сельскохозяйственном использовании торфяников это органическое вещество составляет ничтожно малую долю от общей убыли органического вещества за многолетний период, которой (долей) вполне можно пренебречь.

В то же время при анализе потерь торфа не нашел отражения ряд приходных статей: компенсация за счет азота, поступающего в почву и растения в результате метаболизма свободно живущих в почве микроорганизмов и клубеньковых бактерий (при возделывании бобовых культур), с осадками (5 кг/га), посевным материалом (3—10 кг/га), фауной и золовым материалом. Последние две статьи трудноучитываемы и, очевидно, играют несущественную роль в восполнении потерь органического вещества торфа.

Известно, что величина азотфиксации клубеньковыми и свободно живущими микроорганизмами не постоянна и зависит от

внешних условий. Принято считать, что на почвах минерального механического состава бобовые растения 2/3 своих потребностей в азоте покрывают за счет атмосферного азота (коэффициент Гопкинса). Такая же доля атмосферного азота идет на построение растительных остатков бобовых растений и накапливается в почве. Это составляет: для клеверо-тимофеечной смеси второго года — около 60 кг/га, горохо- и викоовсяной смеси — 20, кормового люпина — около 40 кг/га в год. Естественно, указанные величины зависят от урожайности культур и почвенных условий. Поэтому при оценке баланса органического вещества на торфяных почвах целесообразно выполнять количественные и качественные анализы растительных остатков бобовых культур. Правда, эти культуры на торфяных почвах по укоренившейся и необоснованной традиции не нашли пока достаточно широкого распространения, поэтому их положительная роль как накопителей азота мало используется.

Накопление в почве азота свободно живущими микроорганизмами зависит от ряда внешних факторов, поэтому удельный вес этой приходной статьи в балансе органического вещества не постоянен. Анализ многолетних данных Ротамстедской опытной станции (Англия) позволил сделать вывод, что свободно живущие микроорганизмы накапливают в почве до 60—100 кг/га азота, из которого (с учетом потерь) 30—60 кг/га используется растениями [3].

С учетом вышеизложенного убыль органического вещества при возделывании сельскохозяйственных культур на торфяных почвах без применения азотных удобрений можно представить в виде

$$y = \frac{(C + H - K) 100}{P},$$

где y — убыль органического вещества торфа, т/га; C — количество азота в отчуждаемом урожае (зерно, солома, сено, корне- и клубнеплоды и т. п.), т/га; H — азот непроизводительных потерь (дренажный и поверхностный сток, ветровая эрозия, газообразные потери, вынос с загрязненным урожаем пропашных — 15—20 и более кг/га и т. д.), т/га; K — компенсация азота посевным материалом, микроорганизмами, осадками, т/га; P — содержание азота в торфяной почве, %.

При внесении в почву азотных удобрений следует учитывать компенсацию за их счет с учетом коэффициента использования удобрений.

Анализ урожайности сельскохозяйственных культур, полученной без внесения азотных удобрений, с учетом вышеизложенных изменений в балансовых расчетах не дает веских оснований для предпочтения в выборе той или иной группы культур для возделывания

вания на торфяно-болотных почвах с целью максимального сохранения органического вещества торфа при одинаковых урожаях.

Критическое осмысливание такого заключения дает нам основание дополнить его следующими замечаниями.

Балансовый метод и условия его применения следует совершенствовать, а статьи баланса, особенно непродуцируемые потери, нуждаются в дальнейшем детальном и конкретном для каждого объекта изучении. Кроме того, анализируемый нами материал получен, как правило, при чередовании возделываемых культур, т. е. отражал нынешнее состояние в использовании торфяно-болотных почв. А это, безусловно, нивелировало влияние различных культур на минерализацию торфа.

Не следует забывать также об известных преимуществах многолетних трав (по сравнению с однолетними), значительное количество корневых и пожнивных остатков которых отмирает в начале зимы, когда не имеется благоприятных условий для их минерализации. Кроме того, ярко выраженный приповерхностный характер корневой системы многолетних трав зачастую способствует иссушению зоны наиболее активной минерализации (5—10 см), что также затрудняет разложение, удлиняет сроки полной минерализации растительных остатков и способствует образованию дернины, накоплению токсичных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, которые в свою очередь снижают интенсивность минерализации торфа. Не случайно поэтому на 5—6-й год использования продуктивность травостоя многолетних трав, как правило, падает и дальнейшее его высокопроизводительное использование невозможно без применения азотных удобрений.

Однако следует учитывать, что распашка пласта трав снижает его положительное влияние на замедление минерализации торфа. Чем короче луговой период, тем слабее влияние трав на почву. Только бессменное луговое использование торфяной почвы может привести к максимально возможному замедлению темпов минерализации торфа.

Литература

1. Гордийчук А. С. Влияние сельскохозяйственного использования и увлажнения на сработку глубокочажных торфяников в Полесье УССР.— Почвоведение, № 11, 1978.
2. Титлянова А. А. Обменные процессы азота и зольных элементов в подсистеме почва — растения.— В сб.: О почвах Сибири. Новосибирск, 1978.
3. Станков Н. З. Корневая система полевых культур.— М., 1964.

ЗАРАСТАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ И БОРЬБА С НИМ

Равнинный характер рельефа территории БССР, особенно в южной части, обуславливает обширную зону мелководий на водохранилищах. Так, на водохранилище Красная Слобода на мелководья глубиной до 1 м приходится 694 га (табл. 1). Наблюдения, проведенные нами в 1975—1978 гг., показали, что степень зарастания этого водохранилища достигла 15—25% общей площади. Объем вегетативной массы водных растений, определенный по методике В. М. Катанской, колебался в пределах 120—180 ц/га.

Интенсивность зарастания водохранилищ обусловлена не только глубиной, но и составом донных отложений, их мощностью, а также режимом воды (химическим, термическим и динамическим).

Для изучения химического состава донных отложений и их взаимосвязи с развитием водной растительности на водохранилище Красная Слобода и Солигорское в четырех пунктах в трехкратной повторности отбирали образцы этих отложений, их химический состав представлен в табл. 2.

Распространение донных отложений по величине содержания окиси калия идет по убывающей с верховья водохранилища к плотине. Отложения, богатые калием, отмечены на мелководьях, прилегающих к водосборной площади.

Таким образом, донные отложения — хороший субстрат для произрастания водных растений.

Таблица 1

*Распределение глубин на водохранилище
Красная Слобода*

Глубина, м	Площадь	
	га	%
1	694	29,4
2	350	14,8
3	260	11,0
4	406	17,2
5	655	27,6
Всего	2365	100,0

Химический состав донных отложений водохранилища
Красная Слобода

Место отбора образца	SiO ₂	Na ₂ O+ +K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
Пикет 0	86,95	0,35/0,81	0,08	1,79	0,59	1,98
Пикет 62	89,16	0,28/0,56	0,05	1,92	0,29	1,57
Пикет 142	90,69	0,29/0,64	0,10	1,38	0,40	1,67
Верхний бьеф	81,09	0,09/0,17	0,40	3,46	0,31	2,90
ВП-1	81,97	0,37/1,02	0,15	0,84	0,80	2,21

Гидрохимические показатели воды водохранилища
Красная Слобода, мг/л

Место отбора образца	pH	HCO ₃ ^{''}	Ca ^{''}	Mg	Cl [']	SO ₄ ^{''}	Si	Общая минерализация, Σ ионов
Пикет 0	8,65	335,5	84,6	18,6	19,2	19,4	0,4	477,1
Пикет 142	8,20	341,6	83,9	17,9	17,9	17,9	0,4	473,2
Верхний бьеф	8,52	331,8	83,9	16,8	16,8	11,1	0,2	461,6
Н/п Б. Рожан	7,73	231,8	42,4	12,4	12,4	5,6	0,3	303,0

Вода водохранилища Красная Слобода имеет слабощелочную реакцию и в значительной мере насыщена ионами (табл. 3). Общая минерализация (сумма ионов) составляет 303—477,1 мг/л. Причем отмечена большая насыщенность воды ионами в верховье водохранилища, что объясняется попаданием их с водосборной площади.

Интенсивное зарастание водохранилищ резко снижает их эксплуатационные показатели. Мелководья со временем трансформируются в болота, вследствие чего уменьшается емкость водохранилища. Кроме того, водные растения, отличаясь высоким коэффициентом транспирации, используют значительную часть воды, предназначенной на хозяйственные нужды.

Отрицательно сказывается зарастание и на функционировании осушительно-увлажнительных систем. Скорость течения воды в каналах, заросших водной растительностью, уменьшается в 3—5 раз, что приводит к заметному сокращению пропускной способности осушительно-увлажнительных систем.

Методы борьбы с зарастанием водохранилищ можно подразде-

лить на профилактические, механические, химические и биологические.

К профилактическим мероприятиям против зарастания водохранилищ относят качественную подготовку ложа водохранилища — удаление торфяной залежи и растительных остатков, глубокую вспашку с внесением извести не менее чем за год до затопления, увеличение глубины прибрежной зоны водохранилища до 1 м.

Одно из средств борьбы — устранение или ослабление попадания в водоемы с водосбора илстых частиц и минеральных удобрений. Для этого в прибрежной части водосбора оставляют кустарниково-древесную растительность, а где она отсутствует, делают посадки и высевают травы, соответствующие экологическим условиям местообитания. Травянистая и кустарниковая растительность является мощным биологическим фильтром, надежно поглощающим илстые частицы и растворенные удобрения. Древесная растительность, ослабляя скорость передвижения воздушных масс, заметно снижает испарение с водной поверхности водоема.

Чтобы уменьшить попадание в реки и водоемы удобрений, следует применять их в гранулированном и измельченном виде. Можно вносить удобрения с избытком лишь в условиях, исключающих попадание их в водные объекты.

Механический способ борьбы с водной растительностью — это ее скашивание. Однако для применения камышекосилок требуется определенный минимум глубины.

Биологический метод — интродукция в водоемы рыб, вытеснение дикорастущих водных растений культивируемыми, представляющими хозяйственную ценность, разведение млекопитающих — ондатр и нутрий.

К биологическому способу борьбы с водной растительностью относится также резкое повышение или понижение уровня воды в водоеме. Так, повышение уровня воды во время вегетации растений в прудах Н-1 и Н-2 рыбхоза Красная Слобода привело почти к полной гибели манника водного, хвоща, частухи подорожниковой и рогоза.

Эффективен и осенний спуск воды с последующим промораживанием донных отложений, в незначительном слое которых сконцентрирована корневая система водных растений.

Что касается химических способов борьбы, то применение гербицидов для ликвидации водной растительности нередко противоречит требованиям по охране окружающей среды. Использование химических средств требует глубокого комплексного изучения.

ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЫКЛИНИВАНИЙ НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ ПОЛЕСЬЯ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

При решении вопроса о сельскохозяйственном использовании мелиорированных объектов с песчаными выклиниваниями необходимо учитывать распространение их, размер, превышение, степень гидроморфизма, механический состав покровной и подстилающей породы.

В связи с этим лабораторией мелиоративного почвоведения Полесского комплексного отдела на основании материалов почвенных изысканий Союзгипромелниоводхоза проведена группировка выклиниваний по вышеуказанным свойствам на мелиорированных объектах Белорусского Полесья.

Из 796 осмотренных объектов отобрано 220 наиболее типичных по наличию песчаных выклиниваний, общая площадь которых составляет 550 385 га, из них мелкозалежных торфяников — 86596, среди которых песчаных выклиниваний 12033 га, или 14% по отношению к маломощным торфяникам. Общее количество бугров на исследуемых объектах 4411 шт. Они сгруппированы по уровню превышения над общим массивом согласно отметкам до 0,5; 1; 1,5; 2 и более 2 м, а по размерам до 0,5; 1; 3; 5 га и более, по степени гидроморфности: дерново-подзолистые песчаные (автоморфные), дерново-подзолистые глееватые, дерново-подзолистые глеевые и прочие. Минеральные выклинивания распространены неравномерно.

Размеры бугров сильно варьируют — от нескольких квадратных метров до нескольких гектаров. Среди выклиниваний: 451 размером более 5 га (площадь 7114 га), 1047 размером 1—3 га (площадь 1860 га) и менее 0,5 га — 1314, которые распространены в пойме Припяти от Пинска и до Петрикова. Эти показатели характеризуют частоту пространственных смен почв и почвообразовательных процессов.

Среди дерново-подзолистых почв (автоморфные) преобладают выклинивания с превышением более 2 м, их общая площадь 1631 га, или 32,4%. Среди дерново-подзолистых глееватых почв песчаные бугры с превышением 0,5—1 м занимают площадь 2451 га, или 65,1%. Среди дерново-подзолисто-глеевых площадь бугров с превышением до 0,5 м составляет 2508 га.

Таким образом, минеральные выклинивания распространены по

территории Полесья очень неравномерно, имеют различную площадь, превышение и требуют конкретного подхода при вовлечении их в сельскохозяйственное использование.

Как показали исследования, важным фактором повышения плодородия выклинивающихся песчаных почв являются агротехнические приемы, которые особенно целесообразны на выклиниваниях с большей площадью и с превышением не более 2 м. Исследования начаты в 1976 г. На объекте Молотковичи были подобраны опытные участки, которые расположены на возвышенных участках болотного массива и образуют единый комплекс с торфяниками. Почвы на участках дерново-подзолистые песчаные (автоморфные) с превышением 2 м, глееватые с превышением 0,8—1,2 м и глеевые с превышением 0,5 м. Урожай сельскохозяйственных культур на таких почвах находился в прямой зависимости от атмосферных осадков, так как уровень грунтовых вод и влажность после осушения на минеральных выклиниваниях, как правило, значительно ниже, чем на торфяных почвах (табл. 1).

Для повышения плодородия дерново-подзолистых почв, выклинивающихся в болотные массивы, необходимо прежде всего дифференцировать нормы осушения применительно к торфяным и минеральным почвам, изменить их водно-воздушный режим (увеличить влагоемкость и водоудерживающую способность).

Полученные данные показывают, что улучшение водных свойств почвы происходит и при внесении повышенных доз органических

Таблица 1

Общие запасы влаги за вегетационный период
в слое 0,5 м, мм

Почвы	Минимальное положение УГВ, см			1976 г., исходные данные	Варианты			
					1977 г.		1978 г.	
	1976 г.	1977 г.	1978 г.		1	4	1	4
Дерново-подзолистые (автоморфные)	275	235	248	45	75	90	73	95
Дерново-подзолистые глееватые	200	160	173	76	87	99	85	119
Дерново-подзолистые глеевые	150	120	142	132	151	175	141	185
Торфяно-глеевые (мощность торфа 50 см)	110	80	100	350	400	—	380	—

Урожайность сельскохозяйственных культур
на опытных участках

Почвы	Вариант	Озимая рожь		Картофель		Многолетние травы	
		ц/га	% к конт-ролю	ц/га	% к конт-ролю	ц/га	% к конт-ролю
Дерново-подзолистые песчаные с превышением 2м	1	20,8	100	204	100		
	2	37,9	182	348	170		
	3	35,7	171	350	171		
	4	34,3	165	379	186		
	5	37,6	181	378	185		
	НСР ₀₅	2,9		24,6			
Дерново-подзолистые глееватые с превышением 0,8—1,2 м	1	18,3	100	185	100		
	2	30,6	164	327	176		
	3	30,9	166	342	184		
	4	31,9	174	379	204		
	5	28,9	156	349	187		
	НСР ₀₅	2,1		21,3		67,6	100
Дерново-подзолистые глеевые с превышением до 0,5 м	1					118,0	174
	2					120,8	178
	3					144,6	214
	4					136,0	201
	5					4,8	
	НСР ₀₅						

удобрений. Так, внесение 200 т/га торфа и 300 ц/га зеленой массы люпина увеличило запасы влаги на 20—30% по отношению к не-удобряемому варианту по всем почвенным разновидностям.

Повышение плодородия земель, вклинивающихся в болотные массивы, изучалось под монокультурой многолетних трав и в системе полевого севооборота по схеме:

1. Контроль без удобрений.
2. $N_{90}P_{90}K_{180}$.
3. $N_{90}P_{90}K_{180}$ + люпин 300 ц/га.
4. $N_{90}P_{90}K_{180}$ + люпин 300 ц/га + торф 200 т/га.
5. $N_{90}P_{90}K_{180}$ + торф 200 т/га.

Влияние минеральных и органических удобрений проявилось уже на первых фазах роста и развития озимой ржи, картофеля и многолетних сеяных трав (табл. 2).

Дополнительное внесение торфа в сочетании с минеральными удобрениями привело к полеганию растений и в результате к снижению урожая зерна. Урожай картофеля и многолетних трав (сено), наоборот, был выше на тех участках, где дополнительно внесен торф (табл. 2).

В 1976—1978 гг. общие запасы влаги в течение вегетационного периода под многолетними травами были в пределах оптимальной влажности и составляли 75—80% ППВ, а иногда и превышали ППВ в метровом слое. Снижение урожая озимой ржи в вариантах с торфом объясняется полеганием растений. Поэтому решение вопроса о целесообразности осушения и использования легких песчаных почв должно быть дифференцированным и тесно связанным с урожайностью сельскохозяйственных культур на почвах разной степени увлажненности в годы различной влагообеспеченности.

Способ освоения песчаных выклиниваний зависит от уровня их превышения над общей территорией мелиоративного объекта. Песчаные выклинивания с превышением до 0,5 м можно планировать под сельскохозяйственные культуры. Если превышение более 2 м, а площадь их свыше 5 га, то такие выклинивания целесообразно использовать под посадку леса, а если меньше 1—2 га — в качестве материала для строительства дорог, дамб, закрытия траншей при укладке дренажа.

И. Р. СТРУК

ПРОДУКТИВНОСТЬ ТРАВΟΣМЕСЕЙ НА ДЕРНОВО-ЛУГОВЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ В ПОЙМЕ ПРИПЯТИ

Для изучения продуктивности сенокосных травосмесей проведены исследования в пойме Припяти (колхоз имени Ленина Калинковичского района Гомельской области).

Опытный участок находится в центральной зоне поймы на дерново-луговой супесчаной почве (сглаженное межгрядное понижение со средней условной отметкой 254 см). Почва опытного участка имеет следующие агрохимические показатели гумусового горизонта: рН (в КС1) 4,77; гидролитическая кислотность 3,87; сумма поглощенных оснований 6,23 мг-экв на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями 61,68%; гумус (по Тюрину) 4,36%. Содержание легкогидролизуемого азота (по Тюрину и Коноповой) 17,5; подвижный P_2O_5 3,01; обменная K_2O 4,12 мг на 100 г почвы.

Схема опыта и виды в травосмесях по весу семян следующие: 1) лядвенец рогатый 50% и костер безостый 50%; 2) лядвенец рогатый 50%, костер безостый 25 и канареечник тростниковидный 25%; 3) лядвенец рогатый 30%, костер безостый 35 и канареечник тростниковидный 35%; 4) лядвенец рогатый 50%, костер безостый 25 и тимopheевка луговая 25%; 5) лядвенец рогатый 25%, клевер розовый 25, костер безостый 50%; 6) лядвенец рогатый 25%, кле-

вер розовый 25, костер безостый 25 и тимopheевка луговая 25%; 7) клевер розовый 50%, костер безостый 25 и канареечник тростниковидный 25%; 8) клевер розовый 50%, костер безостый 25 и полевица белая 25%; 9) клевер розовый 50%, костер безостый 25 и мятлик болотный 25%; 10) клевер розовый 50%, тимopheевка луговая 25 и полевица белая 25%; 11) лядвенец рогатый 25%, клевер розовый 25, тимopheевка луговая 25 и полевица белая 25%.

К нормам высева семян при 100%-ной посевной годности для всех видов в травосмесях сделана 25%-ная надбавка.

Размер делянок 65 м², повторность 4-кратная. В расположении делянок применен метод рендомизации.

При обработке дернины в 1971 г. провели предварительное дискование с последующей вспашкой и дискованием в три следа, а до закладки опытов — известкование из расчета полной гидролитической кислотности. Перед посевом инокулировали бобовые травы соответствующим для каждого вида нитрагином. Травосмеси высеяли беспокровно в первой декаде августа 1972 г. Под посев трав внесли минеральные удобрения из расчета $N_{30}P_{60}K_{60}$. Ежегодным фоном минеральных удобрений под бобово-злаковые смеси был $N_{60}P_{60}K_{120}$. При этом ранней весной вносились удобрения из расчета $N_{30}P_{60}K_{60}$, а после первого укоса — $N_{30}K_{60}$. С 1975 г. после выпадения бобовых под злаковые травосмеси вносили $N_{120}P_{60}K_{120}$ ($N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}K_{60}$).

Первый укос убирали в начале цветения доминирующих видов трав, второй — в первой декаде сентября.

Водный режим в течение вегетационного периода складывался из увлажнения паводковыми водами, атмосферными осадками и в первой половине лета грунтовыми водами. Годы исследований в период вегетации трав заметно различались между собой по агроклиматическим показателям: по осадкам, температурному режиму и продолжительности затопления. По недобору осадков отмечались 1973 и 1976 гг. Засушливые периоды в эти годы наблюдались во второй половине лета. Более теплыми были 1973 и 1975 гг., более холодными — 1974, 1976 и 1977 гг. (табл. 1).

Наиболее длительные паводки отмечались в 1975 и 1976 гг. Продолжительность затопления в эти годы составляла 32 и 30 дней, а обеспеченность водой — 22 и 24%. В 1973—1974 гг. участок не затапливался, продолжительность затопления в 1977 г. составила 4 дня при обеспеченности 55%. В 1974—1975 гг. было длительное осенне-зимнее затопление при 2%-ной обеспеченности.

Средний за вегетацию уровень грунтовых вод на опытном участке при формировании урожая первого укоса колебался от 29 до 81 см, а для второго — от 84 до 108 см от поверхности почвы.

Влажность почвы в горизонте 0—50 см за годы исследований в первой половине лета (апрель — июнь) колебалась от 61 до

Агроклиматические показатели (Мозырская метеостанция)

Год	Средняя месячная температура воздуха, °С					
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
1973	7,8	13,3	17,0	19,0	16,9	10,7
1974	5,3	11,1	15,6	16,7	17,1	13,9
1975	8,7	17,4	18,2	18,5	17,7	14,7
1976	7,6	11,3	14,6	16,8	15,2	12,1
1977	7,3	14,0	16,5	17,0	15,5	8,8
Норма	4,9	13,0	16,9	18,5	17,2	12,4

Год	Сумма осадков по месяцам, мм						Всего за вегетацию
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
1973	27,0	71,0	49,0	113,0	6,0	54,0	323,0
1974	5,0	48,5	106,9	180,0	32,0	34,0	406,4
1975	99,0	76,5	174,0	31,0	56,0	5,0	442,3
1976	66,0	54,0	39,0	36,0	76,0	45,0	316,0
1977	67,0	36,0	165,0	109,0	107,0	41,0	525,0
Норма	46,0	55,0	76,0	93,0	68,0	55,0	393,0

83,5%, а во второй — от 43 до 58,9% от полной влагоемкости (ПВ). Влагообеспеченность верхнего слоя почвы (0—30 см) была значительно лучше нижнего (30—50 см) и составляла 75,5—90,0% от ПВ. Эта закономерность наблюдалась в течение вегетационного периода, когда территория не подтоплялась грунтовыми водами.

Таким образом, условия водного режима при формировании урожая первого укоса были оптимальными, а при нарастании массы второго укоса в отдельные периоды в почве ощущался недостаток влаги, особенно в 1973 и 1976 гг.

Продуктивность и питательная ценность травосмесей дана в табл. 2. Как показал ботанический анализ, за годы проведения опыта произошли значительные изменения в видовом составе травосмесей.

В первом году пользования удельный вес клевера розового и лядвенца рогатого в травостое зависел как от видового состава смесей, так и от количества высеянных семян. Более высокое участие лядвенца рогатого (22,0%) отмечено в сообществе с кустом безостым, наименьшее (15,6%) — в травосмеси с участием тимopheвки луговой.

Таблица 2

Продуктивность и питательная ценность травосмесей на дерново-луговой супесчаной почве

Травосмесь	Получено сухого вещества, ц/га					В среднем за 5 лет, ц/га				
	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.	сухого вещества	кормовых единиц	перевари- мого про- теина	протеино- во-кормо- вых единиц	на I кор- мовую единицу присодит- ся переса- рмного протеина
1	79,1	93,5	103,2	63,4	73,9	82,6	49,7	5,8	59,7	117,7
2	80,7	98,2	100,0	68,2	77,7	85,0	50,5	5,8	59,2	114,7
3	80,5	97,1	110,4	70,9	71,3	86,0	51,3	5,8	60,2	112,7
4	81,2	95,3	97,2	51,3	73,9	79,8	48,3	5,2	55,2	105,7
5	71,5	98,8	94,5	55,7	73,0	78,7	47,1	5,8	58,6	123,9
6	89,8	96,5	92,5	54,8	70,6	80,8	49,0	5,3	56,1	106,1
7	85,7	98,5	107,5	70,6	76,5	87,8	52,0	6,0	61,9	115,3
8	91,3	87,2	96,4	55,9	80,0	82,1	49,6	5,7	59,0	114,3
9	93,5	98,2	93,9	59,8	75,4	84,2	51,2	5,6	58,9	107,5
10	88,4	86,4	98,9	58,6	69,5	80,4	48,9	4,9	54,2	100,4
11	87,9	96,6	95,2	52,5	70,6	80,6	48,8	5,0	54,4	100,9
НСР ₀₅	11,0	18,0	12,0	9,2	9,1	6,4				

Введение в смеси лядвенца рогатого и клевера розового в одинаковых соотношениях показало, что в первом году конкурентоспособность клевера розового была выше. Удельный вес его в этих смесях (12,5—20,0%) в два раза превышал долю лядвенца рогатого (6,2—8,9%). Однако на второй год наличие клевера розового сократилось до 6,2—9,7%, а лядвенца рогатого увеличилось до 8,8—13%. Следовательно, лядвенец рогатый в травосмесях на дерново-луговых супесчаных почвах устойчивее клевера розового.

На третий год после продолжительного паводка в период вегетации трав лядвенец рогатый и клевер розовый выпали из травостоя. Из злаковых трав хуже перенесла 32-дневное затопление тимофеевка луговая. Несколько угнетены были костер безостый, колевица белая, мятлик болотный и канареечник тростниковидный, однако выпадения их не наблюдалось.

В группе злаковых трав в первые два года опыта в травосмесях преобладали тимофеевка луговая (44,1—61,5%) и канареечник тростниковидный (52,4—55,6%). Мятлик болотный в первом году доминировал в травостое, а ко второму году уступил коостре безостому. Во втором укосе тимофеевка отрастала хуже других злаков, поэтому удельный вес ее от первого укоса ко второму снижался. Значительно лучше отрастали после отчуждения костер безостый и канареечник тростниковидный. Полевица белая имела заметное распространение в смесях во все пять лет пользования, в смеси с

тимофеевкой луговой она подавляла развитие последней, занимая в травостое от 28,4 до 68,3% в пятом году.

На третьем году пользования в травосмесях доминировали костер безостый и канареечник тростниковидный, занимающие 46,8—78,1% травостоя. Удельный вес этих злаков увеличивался и к пятому году достиг 84,2—90,6%. Однако костер безостый в условиях сравнительно оптимального увлажнения по ценотической активности значительно слабее канареечника и уступает ему территорию с первого года жизни.

Удельный вес несеяных злаковых трав за годы опыта был небольшим и достигал максимума к пятому году — 3,5—13,8%. Наличие разнотравья было также низким — в пределах 0,3—3,1%.

Расчеты показали, что себестоимость центнера кормовых единиц среди изучаемых травосмесей была неодинаковой и составила: лядвенце-клеверо-костровой — 2,64 руб.; лядвенце-костровой и кострово-полевиной — 2,53; клеверо-кострово-канареечниковой — 2,47; лядвенце-кострово-канареечниковых — 2,48—2,50 руб. В последних смесях затраты живого труда на производство 1 ц кормовых единиц были также ниже и составили 0,67—0,68 чел-ч.

Наивысший чистый доход с 1 га посевов (225,57 руб.) и уровень рентабельности (175,6%) обеспечила клеверо-кострово-канареечниковая смесь. По величине этих показателей близкими к ней были лядвенце-клеверо-канареечниковые (217, 67—222, 12 руб.) и клеверо-кострово-мятликовая (220,46 руб.) смеси. Самый низкий доход с 1 га посевов дали лядвенце-клеверо-костровая (196,20 руб.) и смеси с тимофеевкой луговой (207, 12—211,06 руб.).

Следовательно, среди изучаемых травосмесей на дерново-луговых супесчаных почвах при залужении межгрядных понижений экономически выгоднее применение клеверо- или лядвенце-кострово-канареечниковых смесей. На таких участках поймы выгодно использовать также смесь из клевера розового, костра безостого и мятлика болотного.

К. А. НАЙДЕНОВА, Н. К. ФИЛИПЕНКО, С. Н. ВЕЛИЧКО, Л. А. ТРУХАН

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ОРОШЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПАСТБИЩНОМ КОРМЕ

Опыты проводились в 1975—1977 гг. на культурных пастбищах в пойме Припяти (колхоз имени Ленина Калинковичского района Гомельской области).

Почва опытного участка дерновая пойменная, развивающаяся на рыхлом песчаном аллювии. В слоях мощностью 0—30 и 0—50 см удельный вес почв равен соответственно 2,25 и 2,41 г/см³, а объемный — 1,36 и 1,40 г/см³. Содержание гумуса 1,9—2,2%. Гидролитическая кислотность 4,06—5,75, сумма поглощенных оснований 2,12—2,62 мэкв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями 30—32,6%. Обеспеченность почвы фосфором и калием низкая. Количество подвижных форм фосфора (P₂O₅) в пределах 1,25—1,5, калия — 3,6—3,9 мг на 100 г почвы.

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения опыта были неодинаковыми. В 1977 г. выпало осадков на 132, в 1975 г. — на 49,3 мм больше, а в 1976 г. — на 77 мм меньше средней многолетней. Наиболее высокая среднесуточная температура была в 1975 г. и составила 15,7 °С, в 1976 г. — 12,9, в 1977 г. — 13,4 °С. Отклонения от средней многолетней в сумме за вегетационный период за эти годы соответственно равны +327, —189,2 и —98,1 °С.

Залужение проводили в 1974 г. смесью: тимофеевка луговая, овсяница луговая, костер безостый, клевер белый, мятлик луговой.

Схема опыта: 1. Без удобрений; 2. P₆₀K₁₂₀; 3. N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; 4. N₂₄₀P₆₀K₁₂₀; 5. N₃₆₀P₆₀K₁₂₀; 6. N₄₈₀P₆₀K₁₂₀; 7. N₂₄₀P₉₀K₁₈₀; 8. N₃₆₀P₉₀K₁₈₀; 9. N₄₈₀P₉₀K₁₈₀; 10. N₃₆₀P₁₂₀K₂₄₀; 11. N₄₈₀P₁₂₀K₂₄₀. Варианты изучались на двух фонах: без орошения и с поливом при влажности 70—75% ППВ.

Минеральные удобрения вносили ежегодно, дробно, азотные удобрения (аммиачная селитра) — в четыре и пять сроков: при норме N₁₂₀ — N₃₀ весной и после первого, второго и третьего стравливаний равными частями; при N₂₄₀ — N₃₀ весной и после четвертого стравливания, N₆₀ после первого, второго и третьего стравливаний; при норме N₃₆₀ — N₆₀ весной, после второго, четвертого стравливаний и N₉₀ после первого, третьего стравливаний; при норме N₄₈₀ — N₉₀ весной, после второго, третьего и четвертого стравливаний и N₁₂₀ после первого. Фосфорные удобрения (суперфосфат простой) вносили в два срока: P₆₀ весной, P₃₀ и P₆₀ после второго стравливания при нормах P₉₀ и P₁₂₀ соответственно. Калийные удобрения (калий хлористый): K₆₀ весной и K₆₀ после второго стравливания при норме K₁₂₀; K₆₀ после второго и третьего при норме K₁₈₀ и после первого, второго и третьего стравливаний при норме K₂₄₀.

За вегетационный период в 1975 и 1977 гг. проводилось 5 стравливаний, в 1976 г. — 4.

Ежегодно по всем циклам стравливания в растительных образцах определяли содержание сырого протеина, белкового, небелкового, нитратного азота.

Данные о влиянии удобрений, особенно азотных, внесенных в

Таблица 1

Влияние норм удобрений и орошения на содержание азотистых веществ в пастбищном корме (среднее за 1975—1977 гг.)

Вариант	Без орошения				При орошении			
	сырой протеин		% на сухое вещество		сырой протеин		% на сухое вещество	
	содержание, % на сухое вещество	выход, ц/га	содержание белкового азота	содержание небелкового азота	содержание, % на сухое вещество	выход, ц/га	содержание белкового азота	содержание небелкового азота
Контроль (б/у)	12,2	2,2	1,69	0,26	14,5	3,3	1,80	0,52
$P_{60}K_{120}$	14,2	3,2	2,02	0,35	14,8	4,9	1,97	0,33
$N_{120}P_{60}K_{120}$	16,0	8,6	2,06	0,49	14,6	8,7	1,92	0,42
$N_{240}P_{60}K_{120}$	17,6	12,3	2,18	0,64	16,8	13,0	2,13	0,54
$N_{360}P_{60}K_{120}$	20,3	15,1	2,38	0,87	17,8	15,4	2,12	0,72
$N_{480}P_{60}K_{120}$	19,6	13,2	2,33	0,80	19,2	15,7	2,23	0,85
$N_{240}P_{90}K_{180}$	18,2	13,4	2,32	0,60	17,5	14,2	2,11	0,69
$N_{360}P_{90}K_{180}$	18,6	13,2	2,27	0,71	17,9	16,0	2,12	0,74
$N_{480}P_{90}K_{180}$	20,8	14,0	2,47	0,86	20,2	17,1	2,35	0,88
$N_{360}P_{120}K_{240}$	19,6	15,2	2,45	0,69	18,2	15,0	2,21	0,70
$N_{480}P_{120}K_{240}$	21,3	15,4	2,69	0,72	21,0	17,4	2,45	0,91

повышенной норме, на содержание сырого протеина, белкового и небелкового азота приведены в табл. 1.

Повышение нормы азотных удобрений со 120 до 480 кг/га действующего вещества на фоне $P_{60}K_{120}$ в опыте без орошения позволило увеличить содержание сырого протеина в зеленой массе на 3,8—8,1% по отношению к неудобренному контролю. При этом выход сырого протеина с 1 га возрастал на 12,9 ц. Создание более высокого фосфорно-калийного фона также способствовало повышению содержания сырого протеина в пастбищном корме. Аналогичная закономерность наблюдалась и в опыте с орошением.

Для повышения белковости пастбищного корма внесение 120 кг/га азота недостаточно. Как в опыте без орошения, так и при поливе процент белка в растениях в данном случае оставался на уровне фонового удобрения ($P_{60}K_{120}$). Только повышение нормы азота (свыше 120 кг/га) увеличивало белковость трав.

Содержание небелкового азота при внесении азотных удобрений и последующем увеличении их норм независимо от уровня фосфорно-калийного питания повышалось.

Таблица 2

Влияние удобрений и орошения на соотношение азотсодержащих соединений в пастбищном корме (среднее за 1975—1977 гг.)

Вариант	Без орошения			При орошении		
	N, % к общему		отношение небелкового к белковому	N, % к общему		отношение небелкового к белковому
	белковый	небелковый		белковый	небелковый	
Контроль (б/у)	86,5	13,5	1:6,5	79,0	21,4	1:3,5
$P_{60}K_{120}$	85,3	14,6	1:5,8	85,2	14,8	1:5,6
$N_{120}P_{60}K_{120}$	80,7	19,3	1:4,2	82,1	17,9	1:4,6
$N_{240}P_{60}K_{120}$	77,2	22,9	1:3,4	79,7	20,3	1:4,0
$N_{360}P_{60}K_{120}$	73,4	26,6	1:2,7	74,6	25,4	1:3,0
$N_{480}P_{60}K_{120}$	74,3	25,7	1:2,9	72,5	27,5	1:2,6
$N_{240}P_{90}K_{180}$	79,5	20,7	1:3,9	75,8	24,2	1:3,0
$N_{360}P_{90}K_{180}$	76,2	23,8	1:3,2	74,3	25,7	1:2,9
$N_{480}P_{90}K_{180}$	74,2	25,8	1:2,9	72,7	27,3	1:2,7
$N_{360}P_{120}K_{240}$	77,9	22,1	1:3,6	75,7	24,2	1:3,2
$N_{480}P_{120}K_{240}$	78,8	21,2	1:3,7	72,8	27,2	1:2,7

Изучалось также влияние норм минеральных удобрений и орошения на соотношение азотсодержащих веществ (табл. 2).

Азот белковых соединений является преобладающей частью общего азота. В среднем за три года в опыте с орошением он составил 73,4—86,5 и 72,5—85,2% в опыте без орошения. Повышение норм азотных удобрений снижало процент белкового азота по отношению к общему, а относительный процент небелкового азота повышался. Таким образом, соотношение белкового и небелкового азота при повышении норм азотных удобрений уменьшалось и приближалось к оптимальному.

Составной частью небелковых азотсодержащих соединений в растениях являются нитраты. Многолетние злаки при повышенном азотном питании способны концентрировать нитраты, высокое содержание которых в кормах может быть токсичным для животных.

Степень накопления избыточного количества нитратов в кормовых растениях зависит от обеспеченности их в вегетационный период водой, зольными элементами и азотом, а также интенсивностью освещения [1, 3].

Как известно, в растениях происходит синтез и распад белков до аммиака. При неблагоприятных условиях интенсивность синтеза снижается и в растениях происходит аккумуляция нитратов, про-

цент которых свыше 0,5 в пересчете на KNO_3 вреден для животных [2]. Данные, полученные нами по содержанию нитратов в пастбищном корме в зависимости от уровня азотного питания, представлены на рис. 1. Внесение $P_{60}K_{120}$ не оказало влияние на содержание нитратов. В среднем за 3 года оно находилось на уровне контрольного варианта как без орошения, так и при поливе.

Существенное влияние на аккумуляцию нитратов в растениях оказали азотные удобрения. Дополнение фосфорно-калийного пи-

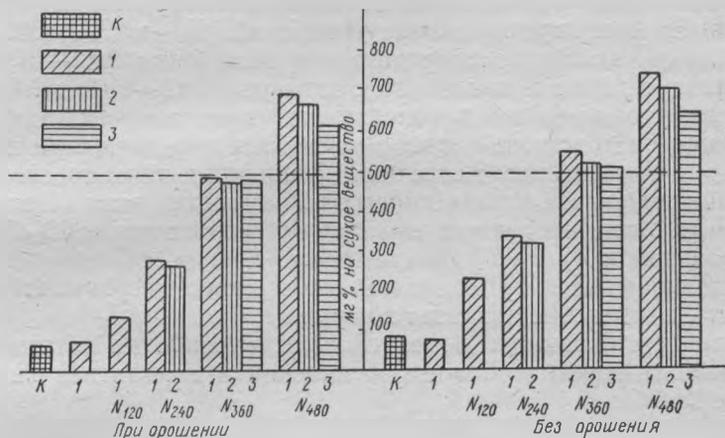


Рис. 1. Содержание нитратов в пастбищном корме: К — контроль (без удобрений); фон — 1 — $P_{60}K_{120}$; 2 — $P_{90}K_{180}$; 3 — $P_{120}K_{240}$. (500 мг% максимальное допустимое содержание нитратов в пастбищном корме в пересчете KNO_3)

тания азотом из расчета 120 кг/га вызвало резкое возрастание содержания нитратов (в 3 раза). Дальнейшее повышение норм азотных удобрений в 2,3 и 4 раза на фоне $P_{60}K_{120}$ также увеличивает накопление нитратов в растениях соответственно в 1,5; 2,5 и 3,3 раза. Полуторная и двойная нормы азота на фоне $P_{90}K_{180}$ (по отношению к N_{240}) повышали содержание нитратов в 1,6 и 2,2 раза. На 25% выше содержание нитратов в растениях в варианте $N_{480}P_{120}K_{240}$ по сравнению с $N_{360}P_{120}K_{240}$. Аналогичное явление наблюдалось и в опыте с орошением.

Сопоставление данных по влиянию фосфорно-калийного питания в пределах одного и того же уровня азотных удобрений на содержание нитратов в растениях показало, что повышение фосфорно-калийного питания способствует снижению содержания нитратов. Так, при внесении N_{360} на фоне $P_{60}K_{120}$ в растениях содержалось 545 мг% нитратов, но повышение нормы фосфора и калия в 1,5 раза снизило содержание нитратов до 512, а в два раза — до

504 мг. Такая же закономерность наблюдалась и в опыте с применением орошения.

Существует зависимость между содержанием протеина и нитратов в пастбищном корме. Полученные нами данные показали, что повышение уровня протеина в траве от применения азотных удобрений до 18,6% и выше в опыте без орошения и до 19,2% и выше на фоне орошения ведет к накоплению в растениях потенциально опасных норм нитратов.

Обобщая полученные данные, можно сделать выводы.

Повышенные нормы азотных удобрений (N_{360} и N_{480}) обеспечивают более высокое содержание протеина (до 20,3—21,3%) в пастбищном корме и выход его с гектара (18,2—21,0 ц). Однако при этом увеличивается и содержание нитратов. Поэтому для получения пастбищного корма с хорошими качественными показателями по содержанию азотистых соединений и по их соотношению на слабогумусированных дерновых пойменных почвах легкого механического состава следует вносить удобрения в норме $N_{360}P_{120}K_{240}$ при орошении и $N_{240}P_{90}K_{180}$ без полива.

Высокий фон фосфорно-калийного питания сдерживает интенсивность накопления нитратов в корме.

Орошение оказывает положительное влияние на оптимизацию соотношения азотсодержащих соединений и накопление нитратов в траве пастбища.

Литература

1. Белохвост Е. С. Влияние фосфорно-калийных удобрений на качество пастбищного корма.— В сб.: Вопросы качества продукции растениеводства. Дотнува, 1973.

2. Каликинский А. А., Камасин С. М. Азотные удобрения и кормовая ценность сена естественных сенокосов.— В сб.: Почва, удобрение, урожай, т. 72. Горки, 1970.

3. Скоропанов С. Г., Тиво П. Ф. Азотные удобрения и плодородие торфяных почв.— Известия Академии наук БССР, 1978, № 4.

Ш. И. БРУСИЛОВСКИЙ, Ж. А. КАПИЛЕВИЧ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОТРЕБНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ В МЕЛИОРАЦИЯХ

Для установления потребности минеральных почв разной степени заболоченности в мелиорациях были приняты следующие критерии: продолжительность периодов избытков и недостатков влаги

в почве на протяжении весенне-летнего периода (IV—X) в естественном состоянии (без мелиорации); степень переувлажнения и иссушения почвы за этот период; подекадные вероятности избытков и недостатков влаги с апреля по октябрь; продуктивность почв в естественном состоянии.

С помощью этих критериев в сочетании с морфологическими признаками почв можно наиболее полно определять потребность минеральных почв в осушительно-увлажнительных мелиорациях, так как наличие количественных показателей по избыточному увлажнению, недостаткам влаги, а также по урожайности сельскохозяйственных культур является надежной мелиоративной характеристикой почвы.

Количественные значения вышеуказанных критериев определялись нами путем многолетних данных наблюдений за влажностью почв, расположенных в различных почвенно-климатических условиях Белорусской ССР. Исследования велись по 51 пункту с 1950 по 1974 г. На каждом пункте закладывали контрольный почвенный разрез и определяли основные водно-физические и агрохимические свойства генетических горизонтов, затем проводили группировку почв по механическому составу и степени заболоченности. Периоды избыточного, оптимального и недостаточного увлажнения устанавливали в слоях почвы 0—20, 0—50 и 0—100 см с использованием классификации почвенной влаги по А. А. Роде [1]:

1) легкодоступная влага, затрудняющая проникновение кислорода воздуха в почву и создающая избыточное увлажнение, находится в пределах от полной влагоемкости (ПВ) до предельной полевой влагоемкости (ППВ);

2) средnedоступная влага, создающая оптимальные условия для роста и развития растений, заключается в диапазоне от ППВ до влажности разрыва капилляров (ВРК);

3) труднодоступная влага создает условия недостаточного увлажнения и находится в диапазоне от ВРК до влажности завядания (ВЗ), продуктивность растений при такой влажности крайне низка.

Эти категории влаги хорошо согласуются с требованием сельскохозяйственных культур к водному режиму [2].

Примерные данные о продолжительности избытков и недостатков влаги в пахотном слое почв (0—20 см) разной степени заболоченности и механического состава приведены в табл. 1. Анализ этой таблицы и данных о степени переувлажнения почвы показал, что наибольшее переувлажнение характерно для дерново-подзолистых глеевых и дерново-глеевых почв как тяжелого, так и легкого механического состава. Во влажные годы до 170 дней верхний слой этих почв переувлажнен, из них до двух декад весной влажность

Характеристика увлажненности почв БССР в осенне-летний период (в днях)

Период увлажнения	Год по влажностн	Почва																			
		средние (тяжелые) су- глинки на глине с 0,3—0,5 м*					супеси, подстилаемые суглинками с 0,5— 0,8 м					легкие (средние су- глиной) подстилае- мые моренным су- глинком с 0,5—0,8 м					пески (супеси) на песках с 0,6—0,9				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Избыточное	сухой	—	—	20	60	80	—	—	20	40	40	—	—	20	50	—	—	—	—	—	—
	средний	—	10	40	90	140	—	10	30	70	70	—	—	40	70	—	—	—	10	50	120
	влажный	20	30	80	130	180	20	50	120	120	120	—	—	60	120	—	—	—	10	40	110
Оптимальное	сухой	80	90	100	90	110	40	70	100	100	100	—	—	80	100	—	—	—	30	40	100
	средний	100	100	120	100	70	90	110	110	110	110	—	—	90	110	—	—	—	50	80	100
	влажный	110	110	110	80	30	100	130	90	90	90	130	90	130	90	—	50	100	130	100	50
Недостаточное	сухой	130	120	90	60	20	170	120	70	70	70	110	60	110	60	—	210	180	170	90	40
	средний	110	100	50	20	—	110	70	30	30	30	80	30	80	30	—	190	160	120	60	10
	влажный	80	70	20	—	—	90	30	—	—	—	20	—	20	—	—	160	100	40	—	—

* 1—автоморфные; 2—оглеенные внизу (на контакте); 3— временно-избыточно увлажняемые; 4— глееватые; 5— глеевые.

достигает полной влагоемкости; летом, при обильных дождях в течении 1—2 суток и осенью с середины октября слой мощностью 0—20 см увлажняется до полной влагоемкости. В сухие годы избыточное увлажнение длится до начала июня; летом, обычно в конце августа-начале сентября, влажность может быть ниже ВРК.

Дерново-подзолистые глееватые и дерновые глееватые почвы на связных почвообразующих породах находятся в состоянии полного насыщения почти весь апрель, а выше ППВ — до первой декады июня. Очень часто после дождей и летних паводков пахотный горизонт этих почв увлажняется выше ППВ, но влажность его до ПВ не доходит. В сухие годы верхний горизонт глееватых почв может находиться в состоянии недостаточного увлажнения до 60—70 суток, однако до влажности завядания эти почвы не иссушаются. Глееватые почвы, сформировавшиеся на легких (песчаных и супесчаных) породах, отличаются меньшим переувлажнением весной, а летом — более длительным периодом с недостаточным увлажнением.

Временно избыточно увлажняемые почвы, как дерново-заболоченные, так и дерново-подзолистые заболоченные, относятся к почвам кратковременного переувлажнения. Больше переувлажнены почвы на связных породах, меньше — на песках и супесях. В средние и сухие годы весеннее переувлажнение (20—30 суток) почти не мешает своевременной обработке полей. Характерной особенностью режима влажности временно избыточно увлажняемых почв является то, что их влажность в течение теплого периода не достигает полной влагоемкости, а летом возможно иссушение верхнего горизонта до влажности завядания.

Автоморфные почвы не несут в строении почвенного профиля следов заболачивания. Водный режим их характеризуется тем, что в средние и сухие по влажности годы избыточное увлажнение верхнего горизонта не отмечалось. Возможно кратковременное переувлажнение этих почв только в ранне-весенний период.

Подекадные вероятности избытков ($\bar{P} \downarrow$) и недостатков ($\bar{P} \uparrow$) влаги в пахотном слое почвы вычисляли по формулам [3]:

$$\bar{P} \downarrow = 1 - \Phi \left(\frac{\text{ППВ} - \bar{W}}{\sigma} \right);$$

$$\bar{P} \uparrow = \Phi \left(\frac{\text{ВРК} - \bar{W}}{\sigma} \right),$$

где \bar{W} и σ — подекадные среднееголетние влагозапасы и среднее квадратичное отклонение их; Φ — интеграл вероятности.

Вероятности вычисляли для всех типов почв, приведенных в табл. 1. Характерные кривые вероятности избытков и недостатков влаги в слое 0—20 см приведены на рис. 1. Как видно из рисунка, все глеевые почвы и дерново-подзолистые глееватые на озерно-ледниковых глинах безусловно нуждаются в осушении, а дополнительное увлажнение на этих почвах не является первоочередным. Временно избыточно увлажняемые почвы на связных почвообразующих породах (легких, средних суглинках и глинах) требуют двустороннего регулирования водно-воздушного режима, а на легких породах больше нуждаются в увлажнении, чем в осушении. Огленные внизу супесчаные и песчаные почвы в осушении не нуждаются, а требуют увлажнения.

Кроме этого, для определения потребности минеральных почв в мелиорации большое значение имеет продуктивность их в естественном состоянии (без мелиорации). Проведенное обобщение имеющихся материалов исследований в БССР показало (табл. 2), что в средние годы на почвах легкого механического состава урожай озимых культур значительно снижается только на глеевых почвах, а на временно избыточно увлажняемых почвах урожай картофеля и ячменя даже во влажные годы снижаются только на 5—9%. В почвах, развивающихся на более связных породах, угнетение сельскохозяйственных культур по мере нарастания степени увлажнения почв проявляется рельефнее. Наиболее значительно снижаются урожай сельскохозяйственных культур в зависимости от степени заболоченности на средних суглинках, подстилаемых моренным суглинком (глиной) с глубины 0,5—0,8 м. Даже в средние по влажности годы урожай зерновых и картофеля снижается на глеевых почвах на 50—60%, во влажные годы возможна полная гибель урожая.

С учетом характеристик увлажненности и продуктивности почв в естественном состоянии все переувлажняемые минеральные почвы в зависимости от степени заболоченности и строения почвообразующих пород по нуждаемости в осушении разбиты нами на пять классов.

К первому классу в осушении и соответственно к пятому в орошении относятся дерново-подзолистые глеевые и дерново-глеевые почвы, развитые на любых почвообразующих породах. Почвы этого класса очень сильно нуждаются в осушении. В естественном состоянии этот класс почв используется в основном как кормовые угодья (60,2%), только небольшая их часть (отдельные участки среди других заболоченных почв) распаханна. Включение их в пашню возможно только при условии осушения.

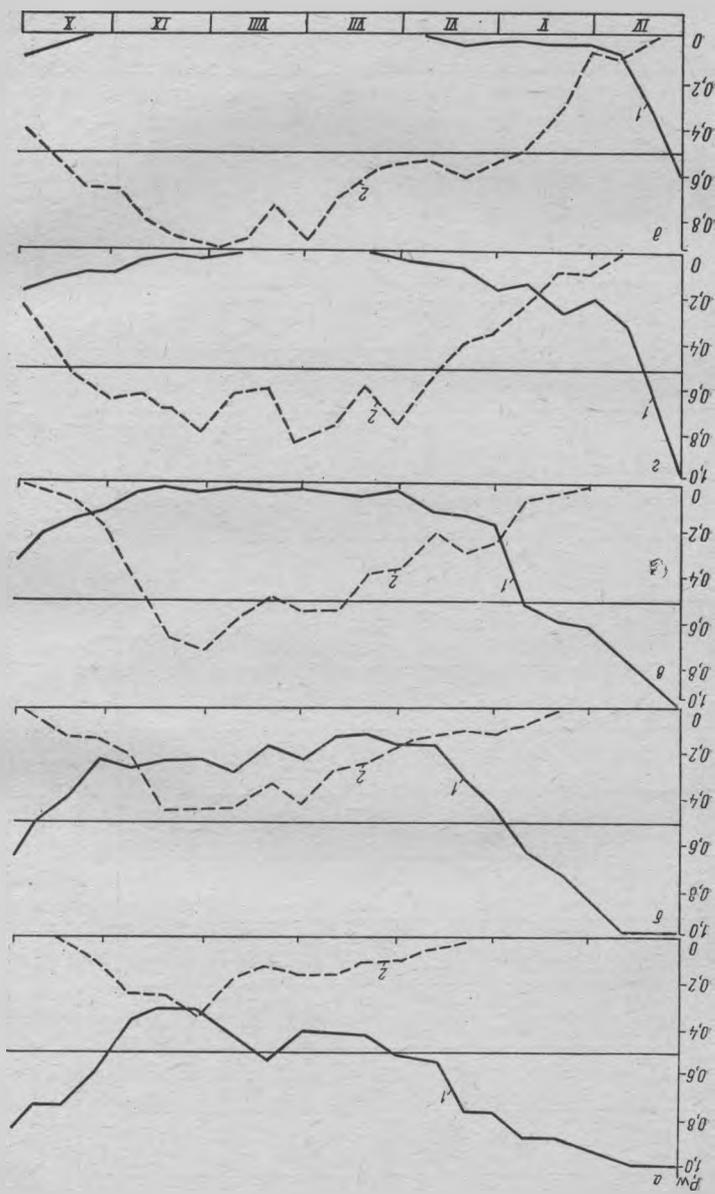
К землям второго класса относятся дерново-подзолистые глееватые и дерновые глееватые почвы, развитые на связных почвооб-

Таблица 2

Продуктивность минеральных заболоченных почв

Год по влажности	Сельскохозяйственная культура	Почва																	
		средние (тяжелые) суглинки на глинс с 0,3—0,5 м*					суглунки (суглинки), подстилаемые суглинками с 0,3—0,8 м					пески (суглс) на песках с 0,6—0,9 м							
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Влажный	Озимая рожь (озимая пшеница)	31,0 100	—	27,5 89	18,4 59	—	16,0 86	13,0 70	—	—	18,5 100	—	—	—	18,1 100	19,0 105	19,8 109	15,4 85	—
	Ячмень	38,0 100	—	33,8 89	20,9 55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32,0 100	30,4 100	23,3 73	—	
	Картофель	—	—	—	—	—	290 91	235 73	—	320 100	311 97	—	—	—	241 100	248 103	180 91	75	
	Озимая рожь (озимая пшеница)	32,8 100	—	30,6 93	28,5 87	15,7 48	16,6 95	15,3 88	10,0 57	17,4 100	—	—	—	—	16,0 100	18,1 113	19,5 122	17,5 109	10,5 66
Средний	Ячмень	40,7 100	—	39,6 97	25,4 62	16,3 40	—	—	—	—	—	—	—	28,6 100	30,8 108	37,7 132	25,4 89	—	
	Картофель	200 100	—	193 97	137 69	—	407 97	350 83	—	420 100	—	—	—	229 100	311 136	244 107	223 97	—	
	Естественный се- нокос	36,6 100	—	36,2 99	30,1 83	18,1 50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сухой	Озимая рожь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,1 100	12,0 112	13,3 132	16,5 163	13,5 134	
	Естественный се- нокос	—	—	—	—	—	39,5 140	32,8 116	21,0 74	28,3 100	38,5 136	—	—	6,6 100	—	—	22,8 348	21,9 334	13,6 208

* 1 — автоморфные; 2 — оглеенные внизу (на контакте); 3 — временно избыточно увлажняемые; 4 — глеевые; 5 — глеевые. В числителе — урожай, ц/га, в знаменателе — %.



разующих породах (моренных суглинках и глинах). Они сильно нуждаются в осушении и почти не нуждаются в орошении. Использование их в пашне сопряжено с большими потерями урожая. Около 50% почв этого класса занято кормовыми угодьями и только 26% распахивается.

К землям третьего класса (среднему по нуждаемости в осушении и орошении) относятся дерново-подзолистые глееватые и дерново-глееватые почвы, развитые на песках и супесях, а также временно избыточно увлажняемые почвы, сформировавшиеся на моренных суглинках и глинах. В естественном состоянии 42,3% их распахивается, 32,3% заняты сенокосами и пастбищами.

К четвертому классу относятся дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые песчаные и супесчаные почвы. Они ограниченно нуждаются в осушении. Без осушения возможны потери урожая в яровых во влажные годы. Растения на этих почвах в сухие годы сильно страдают от недостатка влаги, урожай снижается на 30—40%. Распахано этих почв 54,6% и лишь 18,4% используется как кормовые угодья.

К почвам пятого класса относятся оглеенные внизу или на контакте с подстилающей породой и автоморфные. Они не нуждаются в осушении и очень сильно нуждаются в орошении. В сухие годы возможна потеря урожая до 60%. Почвы этого класса почти полностью распаханы.

Предложенный подход к определению потребности почв в мелiorации и выделению классов по нуждаемости почв в орошении и осушении выработан с учетом конкретных условий Белорусской ССР. Принципиальные основы дифференцирования минеральных заболоченных почв по степени нуждаемости их в осушении и орошении вполне применимы для всей Нечерноземной зоны СССР.

Литература

1. Роде А. А. Водный режим и его регулирование.— М., 1963.
2. Вернго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага. Л., 1973.
3. Шабанов В. В. Биоклиматическое обоснование мелiorаций.— Л., 1973.

← —————

Рис. 1. Вероятностные характеристики потребности почв в осушении и орошении: *а* — дерново-подзолистые глеевые и дерново-глеевые почвы; *б* — дерново-глееватые почвы на озерно-ледниковых глинах; *в* — дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые суглинистые почвы, подстилаемые моренным суглинком; *г* — дерново-подзолистые избыточно увлажняемые супесчаные почвы, подстилаемые песком; *д* — дерново-подзолистые почвы, оглеенные внизу; *1* — вероятность потребности в осушении; *2* — вероятность потребности в орошении

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Трусь А. М.</i> Проблемы водных ресурсов	3
<i>Белогорцев И. Д.</i> Водные ресурсы и некоторые проблемы градостроительства Белорусского Полесья	10
<i>Ломовцев С. И.</i> Эффективность капитальных вложений в мелиорацию земель: сущность, критерии и показатели (методологический аспект)	13
<i>Шведовский П. В.</i> Исследование эффективности водохозяйственных мероприятий в юго-западной части Белорусского Полесья	17
<i>Богданова Л. В., Митин Б. А.</i> Исследование работы зернисто-намывных фильтров	21
<i>Субботкин Л. Д., Баканов В. Ю., Щербак Б. Ф.</i> Очистка жиросодержащих сточных вод мясокомбинатов	25
<i>Валуев В. Е., Стефаненко Ю. В., Водчиц Н. Н., Марчук В. Н.</i> Теплообеспеченность климата и водопотребление сельскохозяйственных культур	28
<i>Афонин В. Г., Рылов В. Н.</i> Методики определения объемов земляных работ при планировке мелиорируемых болотных массивов	33
<i>Карасев Б. В., Яромский В. Н.</i> Влияние полиакриламида на коррозию стали	39
<i>Карасев Б. В., Шаповал И. Ф., Громик Н. В.</i> О движении водных растворов полиакриламида в трубах большого диаметра	41
<i>Строкач П. П., Житенев Б. Н., Гришанович О. А., Мутовкин В. В.</i> Исследование процесса электрохимического обесцвечивания воды	43
<i>Карелин Я. А., Якубовский Е. П.</i> Регенерация ионитов при очистке сточных вод	45
<i>Зинович Э. К., Новиков В. М., Огнева Н. Е., Подолец Л. А., Щановская Л. Ф., Механтьева Л. И.</i> Применение некоторых полнэлектродитов в системах оборотного водоснабжения	48
<i>Кравцов М. В., Крук В. М.</i> Оптимизация расчетов гидравлических сопротивлений с помощью ЭВМ	50
<i>Кравцов М. В.</i> Напорное движение жидкостей в трубах круглого поперечного сечения при малых числах Рейнольдса	58
<i>Яромский В. Н., Строкач П. П.</i> Исследование влияния магнитной обработки водных растворов полиакриламида на коррозию стали	62
<i>Котович Э. Г., Гулевич А. Л., Щановская Л. Ф., Нестойтер З. С.</i> Подбор дозы коагулянта для обесцвечивания и обезжелезивания воды Мухавца	65
<i>Котович Э. Г., Филипчук Г. А.</i> Определение соединений хрома в воде хроматофотоколориметрическим методом	69

Калита В. П., Пойта П. С. Некоторые вопросы корректировки свойств осадка перед обезвоживанием	71
Бисеров Р. А., Якубовский Е. П., Бисерова М. С. Сорбция меди на ионите «Вофатит»	74
Комар Н. И. Применение электромагнитных фильтров для очистки стоков машиностроительной и электротехнической промышленности	77
Калита В. П., Савченко В. А. Применение электрокоагуляции для подготовки технической воды и очистки стоков гальванического цеха	80
Клопоцкий А. В., Туцкий Л. Н. Учет расхода питьевой воды в системах водоснабжения городов	83
Овсянников В. Г., Дмухайло Е. И. Исследование процесса массопередачи при аэрации поверхностными цилиндрическими струями	86
Саченок П. И. Исследования по улучшению работы систем водоснабжения	88
Бейсалбаев Е. Б. Исследование и разработка оптимальных технологических режимов получения высококачественного сырья для производства ферритов из отработанных солянокислотных травильных растворов на установе «Рутнера»	91
Стельмашук С. С. Влияние рельефных условий Белорусского Полесья на режим влажности почв и урожайность	95
Гончарова З. И., Омелько А. А., Шведовский П. В. Подготовка заторфованных территорий под водохозяйственное строительство	98
Федоров В. Г., Пойта П. С., Дедюх В. Н. Влияние технологических параметров на качество намывных песчаных оснований	102
Федоров В. Г. Выбор параметров начального состояния уплотненного скелетноглинистого грунта ядер высоконапорных плотин (на примере возведения ядра Нурекской плотины)	106
Клопоцкий А. В., Будянов В. П. Новые средства автоматизации гидромелиоративных систем	110
Водичц Н. Н., Стефаненко Ю. В., Валуев В. Е. О влиянии гидротехнических мелiorаций на средний годовой сток рек Белорусского Полесья	112
Омелько А. А., Шведовский П. В., Прибышняя А. С. Некоторые математические модели прогноза процесса влияния мелiorативных мероприятий на режим подземных вод смежных территорий	115
Зятьков А. И., Гербутов В. А., Новикова Т. А. Применение методов индикации магнитообработанных водных растворов	120
Брук-Ливенсон Т. Л. Определение доз кальцинированной соды для нейтрализации кислых металлосодержащих сточных вод	123
Пятницкий В. Н. Балансовый метод учета убыли органического вещества торфа при возделывании сельскохозяйственных культур	127
Шнип С. А. Заращение водохранилища и борьба с ним	131
Кузьменкова Н. Я., Жинжин В. И. Характеристика и классификация минеральных выклиниваний на торфяно-болотных почвах Полесья и их рациональное использование	134

Струк И. Р. Продуктивность травосмесей на дерново-луговых супесчаных почвах в пойме Припяти	137
Найденова К. А., Филипенко Н. К., Величко С. Н., Трухан Л. А. Влияние минеральных удобрений и орошения на содержание азотистых соединений в пастбищном корме	141
Брусиловский Ш. И., Капилевич Ж. А. Определение степени потребности минеральных почв в мелнорациях	146

ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Редактор З. К. Солонович
 Обложка И. А. Горбунова
 Художественный редактор Л. И. Усачев
 Технический редактор И. П. Тихонова
 Корректор И. А. Альперович

ИБ № 1384

Сдано в набор 26.09.80. Подписано в печать 24.12.80.
 АТ 07772. Формат 60×84^{1/16}. Бум. писчая № 2.
 Гарнитура литературная. Высокая печать. Печ. л.
 10,5. Усл. печ. л. 9,76. Уч.-изд. л. 9,9. Тираж
 1000 экз. Зак. № 1708. Цена 80 к. Заказное.

Издательство «Наука и техника» Академии наук
 БССР и Государственного комитета БССР по делам
 издательств, полиграфии и книжной торговли.
 220600. Минск, Ленинский проспект, 68. Типография
 им. Франциска (Георгия) Скорины издательства
 «Наука и техника». 220600. Минск, Ленинский про-
 спект, 68.

РЕФЕРАТЫ

УДК 556.3

Проблемы водных ресурсов. Трусъ А. М. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 3—10.

В работе дан краткий обзор состояния основных вопросов водных ресурсов Белоруссии, потребления и сброса воды, а также проблем охраны вод и защиты их от загрязнения.

Библиография — 3 названия.

УДК 556.3

Водные ресурсы и некоторые проблемы градостроительства Белорусского Полесья. Белогорцев И. Д. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 10—13.

Проанализирована роль рациональных форм градостроительства в повышении социально-экономической эффективности водных ресурсов Белорусского Полесья.

УДК 338.94+631.6

Эффективность капитальных вложений в мелиорацию земель: сущность, критерий и показатели (методологический аспект). Ломовцев С. И. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 13—17.

Обосновываются методология, методика, критерий и показатели определения эффективности капитальных вложений в ирригационно-мелиоративное строительство, мелиоративное земледелие и сельскохозяйственное производство в Брестском Полесье. Дается определение экономической сущности сельскохозяйственной мелиорации.

Библиография — 2 названия.

УДК 626.86:551.49(477.8)+556.332.52

Исследование эффективности водохозяйственных мероприятий в юго-западной части Белорусского Полесья. Шведовский П. В. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 17—21.

Рациональное использование водных ресурсов Полесья рассмотрено с учетом влияния водохозяйственных мероприятий на сток рек и режим под-

земных вод. Статистический анализ исходных гидролого-экономических данных позволил определить степень влияния на экономическую эффективность земледелия как совокупности агротехнических и климатических факторов, так и последствий водохозяйственных мероприятий.

Установлено, что возможный дефицит влагозапасов эффективно восполняется при дополнительном увлажнении, если хозяйства имеют соответствующую базу.

Таблиц 1. Библиография — 7 названий.

УДК 628.315

Исследование работы зернисто-намывных фильтров. Богданова Л. В., Митин Б. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 21—25.

Приведены результаты исследований на экспериментальном зернисто-намывном фильтре. Изучено влияние удельного расхода сорбента, исходной концентрации нефтепродуктов и скорости фильтрования на эффект очистки. По результатам исследований рекомендованы параметры производственного фильтра.

Таблиц 1. Иллюстраций 1.

УДК 628.334

Очистка жиродержащих сточных вод мясокомбинатов. Субботкин Л. Д., Баканов В. Ю., Щербак Б. Ф. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 25—28.

Приведены результаты исследований по очистке жиродержащих сточных вод мясокомбината в гидроциклоне-флотаторе и утилизации извлеченных белково-жировых примесей. Установлено, что эффект очистки сточных вод по взвешенным веществам составляет около 60%, а по жирам — от 60 до 90%.

Утилизированные жиры могут быть отнесены к третьему сорту.

Иллюстраций 2.

УДК 551.573

Теплообеспеченность климата и водопотребление сельскохозяйственных культур. Валугев В. Е., Стефаненко Ю. В., Водчиц Н. Н., Марчук В. Н. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 28—33.

Рассмотрен вопрос испаряемости как водного эквивалента тепловых ресурсов климата, сформированных потоком солнечной радиации и адвекции воздушных масс в результате циркуляции атмосферы и теплообмена с почвой. Предложены методы количественной оценки испаряемости и водопотребления в целом, а также в отдельные периоды вегетации. Это необходимо для оптимизации и оперативного управления режимом увлажнения в условиях мелиоративных систем.

Таблиц 3. Библиография — 2 названия.

УДК 620.31+631.452

Методики определения объемов земляных работ при планировке мелиорируемых болотных массивов. Афонин В. Г., Рылов В. Н. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 33—39.

В работе на фактическом материале с помощью ЭВМ проведена оценка точности известных формул вычисления элементарных объемов земляных работ — формулы Симпсона и квадратов. Предлагается машинный алгоритм построения оптимальных кубатурных формул (четырёхточечных и девятиточечных).

Иллюстраций 6. Библиография — 3 названия.

УДК 620.197.3

Влияние полиакриламида на коррозию стали. Карасев Б. В., Яромский В. Н. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 39—40.

В результате экспериментальных исследований установлено: при относительно небольших концентрациях полиакриламида в водопроводной воде (до 0,04%) происходит интенсивное растворение металла, при увеличении концентрации полиакриламида до 0,16% скорость коррозии стали уменьшается в 4—5 раз, т. е. полиакриламид ведет себя как ингибитор.

Иллюстраций 1.

УДК 532.5.013.12

О движении водных растворов полиакриламида в трубах большого диаметра. Карасев Б. В., Шаповал И. Ф., Громик Н. В. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 41—43.

Рассмотрены вопросы снижения гидравлических сопротивлений в трубопроводах полупромышленной установки путем введения добавок полиакриламида. Получено значительное уменьшение коэффициента гидравлического трения труб диаметром 104 и 155 мм при движении в них водного раствора полиакриламида концентрацией 0,05%.

Иллюстраций 3.

УДК 628.16.087

Исследование процесса электрохимического обесцвечивания воды. Строкач П. П., Житенев Б. Н., Гришанович О. А., Мutowкин В. В. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 43—45.

Исследована зависимость обесцвечивания и обезжелезивания воды р. Мухавец при различных дозах ее обработки алюминием.

При небольших затратах металла и электроэнергии достигается снижение в воде концентрации железа и веществ, обуславливающих цветность.

Иллюстраций 2. Библиография — 1 название.

УДК 628.543.49.081.312(088)(520)

Регенерация ионитов при очистке сточных вод. Карелин Я. А., Якубовский Е. П. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 45—47.

Рассмотрена возможность применения ионообменного метода для очистки сточных вод. Отмечается, что во многих случаях целесообразность применения этого метода определяется стоимостью реагентов, используемых для регенерации.

Библиография — 1 название.

УДК 697.49

Применение некоторых полиэлектролитов в системах оборотного водоснабжения. Зинович З. К., Новиков В. М., Огнева Н. Е., Подолец Л. А., Щановская Л. Ф., Механтьева Л. И. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 48—50.

Рассмотрена возможность применения нового полимера — полиакрилата гуанидина. Он является полиэлектролитом, содержащим полярные группы с высокой степенью межмолекулярного взаимодействия.

Для выяснения эффективности использования новой гидродинамической присадки проведены сравнительные испытания механохимической деструкции полиакрилата гуанидина и полиакриламида в водных растворах. Полученные результаты показали, что растворы полиакрилата гуанидина в меньшей степени подвержены деструкции, чем растворы полиакриламида.

Библиография — 2 названия.

УДК 532.5.011

Оптимизация расчетов гидравлических сопротивлений с помощью ЭВМ «Наири». Кравцов М. В., Крук В. М. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 50—57.

Приведены формулы для расчета силы сопротивления при движении жидкостей в трубах и тел в жидкостях, коэффициентов гидравлического трения и скоростей равномерного осаждения частиц в жидкостях. Разработаны программы расчетов постоянных коэффициентов в расчетных формулах. Приведены опытные данные о скоростях осаждения одиночных частиц варианта и потерь напора в бесшовных стальных и визипластовых трубах.

Таблиц 1. Иллюстраций 1. Библиография — 4 названия.

УДК 532.542

Напорное движение жидкостей в трубах круглого поперечного сечения при малых числах Рейнольдса. Кравцов М. В. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 58—62.

Приводятся опытные данные о потерях напора в свинцовой трубке диаметром 7 мм и длиной до 3000 м, в поливинилхлоридной трубке диа-

метром 18 мм и длиной 417 м и в стальной водогазопроводной трубке диаметром 15,7 мм и длиной 478 м при числах Рейнольдса от 200 до 7000. Анализируется характер опытных кривых зависимостей коэффициентов гидравлического трения от чисел Рейнольдса. Установлено, что при напорном течении воды в гидравлически гладких трубах эти кривые имеют монотонно ниспадающий характер, а опытные значения коэффициентов гидравлического трения оказываются значительно выше расчетных по известной формуле Гагена — Пуазейля. Опытные данные о величине коэффициентов гидравлического трения совпадают с расчетными данными по формуле Гагена—Пуазейля при числах Рейнольдса менее 2000, а далее плавно возрастают до значений 0,039 при числах Рейнольдса 4000, затем плавно снижаются до значений 0,035 при числах Рейнольдса 7000.

Иллюстраций 3.

УДК 620.197.3

Исследование влияния магнитной обработки водных растворов полиакриламида на коррозию стали. Яромский В. Н., Строкач П. П. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 62—65.

Приведены результаты опытов по исследованию влияния магнитной обработки водных растворов полиакриламида на коррозию стали. Установлено, что в начальный период эксперимента скорость коррозии стали составила $0,93 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$. Увеличение времени контакта стали с раствором приводит к резкому замедлению процесса коррозии и после 72 ч эксперимента скорость коррозии составила $0,38 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$. Объяснен механизм защиты стали от коррозии.

Таблиц 1. Иллюстраций 1.

УДК 628.345:165.5

Подбор дозы коагулянта для обесцвечивания и обезжелезивания воды Мухавца. Котович Э. Г., Гулевич А. Л., Щановская Л. Ф., Нестойтер З. С. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 65—69.

Рассмотрен вопрос использования сульфата алюминия с добавлением флокулянта ПАА для обесцвечивания и обезжелезивания технологической воды из р. Мухавец. Доза сульфата алюминия 62, ПАА 0,5 мг/л. Для этих же целей может быть использован смешанный алюмо-железный коагулянт $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 : \text{FeCl}_3 = 1 : 1$ с предварительным мanganированием и последующим добавлением ПАА. Доза смешанного коагулянта 45, перманганата калия — 4 мг/л.

Для обесцвечивания и обезжелезивания технологической воды не рекомендуется применять в качестве коагулянта хлорид железа, так как достаточная степень очистки воды наблюдается только при очень высоких дозах коагулянта.

Иллюстраций 6. Библиография — 4 названия.

Определение соединений хрома в воде хроматофотокolorиметрическим методом. Котович Э. Г., Филипчук Г. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 69—71.

Представлены экспериментальные данные по концентрированию и выделению соединений хрома из растворов на анионитах ЭДЭ-10П и АН-2ФН в Cl- и OH-формах. Найдены оптимальные значения pH. Подобраны элюэнт (NaOH) и концентрация элюэнта.

Метод применим для определения малых концентраций соединений хрома в природных и сточных водах предприятий после очистки.

Иллюстраций 3. Библиография — 3 названия.

УДК 628.336.4:628.336.421

Некоторые вопросы корректировки свойств осадка перед обезвоживанием. Калита В. П., Пойта П. С. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 71—73.

Приведены результаты исследований по обезвоживанию на вакуум-фильтрах осадков, образующихся после реагентной и электрохимической обработки стоков гальванического цеха. Перед обезвоживанием осадок подвергался корректировке хлорным железом и известковым молоком дозами 0,25 и 8,0; 0,25 и 5,0; 0,5 и 12%. Наиболее подходящим коагулянт для обоих видов осадка оказалось известковое молоко.

Таблиц 2. Библиография — 1 название.

УДК 628.349.094

Сорбция меди на ионите «Вофатит». Бисеров Р. А., Якубовский Е. П., Бисерова М. С. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 74—77.

Приведены результаты исследований по сорбции ионов меди ионитом «Вофатит». Максимальная обменная емкость смолы по этим ионам — 3,65 мг-экв/г сухой смолы, коэффициент распределения — 1750. Определена величина константы А в формуле для определения кинетического коэффициента скорости ионообменного процесса, равная 0,862.

Таблиц 1. Иллюстраций 2. Библиография — 1 название.

УДК 621:628.923(8)

Применение электромагнитных фильтров для очистки стоков машиностроительной и электротехнической промышленности. Комар Н. И. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 77—80.

Электромагнитное фильтрование воды может получить широкое распространение на предприятиях машино- и приборостроения, в электронной, металлургической и электротехнической промышленности.

В статье приведены конструктивные параметры электромагнитного

фильтра и условия его работы при очистке стоков от солей железа, цинка и хрома.

Иллюстраций 1. Библиография — 3 названия.

УДК 628.337

Применение электрокоагуляции для подготовки технической воды и очистки стоков гальванического цеха. Калита В. П., Савченко В. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 80—83.

Приведены результаты полупроизводственных исследований на электролизерах с алюминиевыми и стальными электродами. Получены оптимальные значения работы электрокоагулятора.

Иллюстраций 3. Таблиц 1. Библиография — 1 название.

УДК 628.1(1—21)

Учет расхода питьевой воды в системах водоснабжения городов. Клопцкой А. В., Туцкий Л. Н. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 83—85.

Рассмотрены проблемы учета расходов питьевой воды. Показана возможность организации автоматического измерения и учета расходов воды с использованием тепловых расходомеров.

УДК 628.356

Исследование процесса массопередачи при аэрации поверхностными цилиндрическими струями. Дмухайло Е. И., Овсянников В. Г. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 86—88.

Приведены результаты исследований по определению производительности по кислороду цилиндрических струй. Методом анализа размерностей получено уравнение, которое подтверждено экспериментально.

УДК 628.1:628.147+628.143.4(145.5)

Исследования по улучшению работы систем водоснабжения. Саченок П. И. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 88—91.

Рассмотрены вопросы разработки эффективных мероприятий по повышению надежности работы трубопроводов.

Дан анализ основных факторов, влияющих на надежность подземных сетей Бреста.

Исследование и разработка оптимальных технологических режимов получения высококачественного сырья для производства ферритов из отработанных солянокислотных травильных растворов на установке «Рутнера». Байсалбаев Е. Б. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 91—95.

Исследовано влияние условий разложения травильного раствора на состав и качество получаемой окиси железа. Установлено, что оптимальным давлением распыления травильного раствора форсунками, обеспечивающим постоянство состава и высокое качество окиси железа, является 5—6 атм.

Таблиц 2. Иллюстраций 3.

Влияние рельефных условий Белорусского Полесья на режим влажности почв и урожайность. Стельмашук С. С. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 95—98.

Изложены результаты исследований влияния планировки поверхности мелкозалежных торфяников на режим влажности почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Показаны изменения объемной влажности, урожайности сельскохозяйственных культур в результате проведения планировочных работ.

Сделан вывод о целесообразности проведения планировочных работ на мелкозалежных торфяниках с минимальными выклиниваниями в условиях Белорусского Полесья.

Таблиц 2. Библиография — 2 названия.

Подготовка заторфованных территорий под водохозяйственное строительство. Гончарова З. И., Омелько А. А., Шведовский П. В. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 98—102.

Рассмотрены вопросы подготовки заторфованных территорий в качестве оснований для гидротехнических сооружений.

Проведенные исследования на созданных экспериментальных установках позволяют отметить, что качество намытого основания определяется технологией работ.

Применение выторфовочно-намывных машин обеспечивает создание беспросадочных оснований с $\gamma_{ск} = 1,65$ гс/см³ и более.

С помощью аналогового моделирования получены расчетные зависимости для определения параметров воронки размыва.

Иллюстраций 2. Библиография — 2 названия.

УДК 624.132.345:621.879.45

Влияние технологических параметров на качество намывных песчаных оснований. Федоров В. Г., Пойта П. С., Дедок В. Н. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 102—105.

Исследовано влияние технологических параметров намыва (консистенции, удельного расхода, интенсивности намыва) на качество намываемого грунта. Для получения однородного основания величина консистенции должна быть в пределах 12—14%, удельного расхода — 20 л/м с, интенсивность намыва для среднезернистых песков не должна превышать 70—75 см/сут.

При проведении работ в условиях оптимальных режимов намыва песчаные грунты обладают хорошей структурной прочностью, малой сжимаемостью, большим сопротивлением сдвигу.

Иллюстраций 1. Библиография — 2 названия.

УДК 624.131.22

Выбор параметров начального состояния уплотненного скелетно-глинистого грунта ядер высоконапорных плотин (на примере возведения ядра Нурекской плотины). Федоров В. Г. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 106—110.

Задача проектирования начального состояния уплотненного скелетно-глинистого грунта рассмотрена на примере опыта возведения ядра Нурекской плотины. Эта задача решена на основании всестороннего изучения механических свойств грунтов с различными начальными состояниями. Даны некоторые рекомендации по выбору параметров начального состояния скелетно-глинистого грунта.

Иллюстраций 1. Таблиц 1. Библиография — 6 названий.

УДК 62-523:628.8

Новые средства автоматизации гидромелиоративных систем. Клопоцкий А. В., Будяпов В. П. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 110—112.

Рассматриваются конструктивные решения устройств контроля и изменения влажности почвы, уровня воды в каналах с использованием герконов. Показаны возможности применения герконов при автоматизации различных технологических процессов.

Библиография — 1 название.

УДК 626.86:627.4

О влиянии гидротехнических мелиораций на средний годовой сток рек Белорусского Полесья. Водчиц Н. Н., Стефаненко Ю. В., Валуев В. Е. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 112—115.

Рассмотрено влияние осушительных мелиораций на величину среднегодового стока рек Белорусского Полесья. Для оценки динамики влияния

осушительных мелiorаций на водность рек изучаемого бассейна рекомендуется использовать климатический сток, не трансформированный антропогенными факторами.

Библиография — 1 название.

УДК 628.86+551.38/626.8:556.56

Некоторые математические модели прогноза процесса влияния мелиоративных мероприятий на режим подземных вод смежных территорий. Омелько А. А., Шведовский П. В., Прибышеня А. С. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 115—120.

Дан анализ имеющихся методов расчета и моделей прогноза характеристик влияния мелиоративных мероприятий на водный режим смежных территорий. Особое внимание уделено стохастическим моделям.

В качестве расчетных моделей предложены неполная трехфакторная кубическая модель второго порядка и функциональная модель. Погрешность прогнозных характеристик не превышает $\pm 18\%$ и зависит от точности и полноты исходных данных.

Иллюстраций 2. Библиография — 6 названий.

УДК 663.631:538.24:543.37

Применение методов индикации магнитообработанных водных растворов. Зятыков А. И., Гербутов В. А., Новикова Т. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 120—123.

Проблема непрерывного контроля солевого состава воды при ее обработке в магнитном поле решена на основе определения корреляции между изменением степени накипеобразования и таких физических свойств растворов, как концентрация водородных ионов и угол поворота плоскости поляризации в магнитном поле. Приведены сравнительные оценки аппаратов для магнитной обработки воды.

Таблиц 1. Библиография — 3 названия.

УДК 628.349

Определение доз кальцинированной соды для нейтрализации кислых металлосодержащих сточных вод. Брук-Левинсон Т. Л. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 123—126.

Приведена методика выбора дозы реагентов с помощью необходимых обоснований и расчетных формул. Для ускорения расчетов представлены вспомогательные таблицы, разработаны номограммы.

Иллюстраций 2.

Балансовый метод учета убыли органического вещества торфа при возделывании сельскохозяйственных культур. Пятницкий В. Н. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 127—130.

Дается критический анализ балансового метода учета убыли органического вещества торфа. Дается качественная оценка роли многолетних трав в сохранении органического вещества.

Иллюстраций 1. Библиография — 3 названия.

УДК 627.81

Заращение водохранилищ и борьба с ним. Шнип С. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 131—133.

На основе проведенных исследований установлено, что в борьбе с заращением водохранилищ целесообразно сочетать профилактические меры с механическими. В профилактике зарастания водохранилищ важную роль играет качественная подготовка ложа водохранилища, исключение мелководий, ограничение попадания биогенных веществ в водотоки и водохранилища.

Таблиц 3.

УДК 631.44.065

Характеристика и классификация минеральных выклиниваний на торфяно-болотных почвах Полесья и их рациональное использование. Кузьменкова Н. Я., Жинжич В. И. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 134—137.

Приведены результаты изучения почвенного покрова Белорусского Полесья.

Камеральная обработка картографических материалов дала возможность выявить наиболее характерные зоны распространения песчаных выклиниваний, их процент к площади торфяных почв и соотношение по степени гидроморфности.

Приведены результаты исследований по окультуриванию песчаных выклиниваний.

Таблиц 2.

УДК 633.2:633.2.031:633.2.039.6

Продуктивность травосмесей на дерново-луговых супесчаных почвах в пойме Припяти. Струк И. Р. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 137—141.

Изложены пятилетние результаты (1973—1977 гг.) исследований по выявлению наиболее продуктивных сенокосных травосмесей на дерново-

луговых почвах в пойме Припяти. Выявлена их кормовая ценность и приведена экономическая эффективность.

Таблиц 2.

УДК 631.67+631.8:633.2

Влияние минеральных удобрений и орошения на содержание азотистых соединений в пастбищном корме. Найденова К. А., Филипенко Н. К., Величко С. Н., Трухан Л. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 141—146.

Изучалось влияние норм азотных удобрений на фоне различного уровня фосфорно-калийного питания (без орошения и в сочетании с орошением) на содержание и соотношение азотистых соединений растений культурных пастбищ, расположенных в пойме Припяти.

Данные показали, что для получения пастбищного корма с хорошими качественными показателями необходимо высокие нормы азотных удобрений вносить на повышенном фоне фосфорно-калийного питания в сочетании с орошением.

Таблиц 2. Иллюстраций 1. Библиография — 3 названия.

УДК 626.874

Определение степени потребности минеральных почв в мелиорациях Брусиловский Ш. И., Капилович Ж. А. «Проблемы водных ресурсов». Мн., «Наука и техника», 1980, 146—153.

Приводятся критерии для установления потребности минеральных заболоченных почв в мелиорации. С учетом характеристики увлажненности, морфологического строения и продуктивности почв в естественном состоянии все переувлажненные минеральные почвы в зависимости от степени заболоченности и строения почвообразующих пород по нуждаемости в осушении разбиты на пять классов, даны вероятностные характеристики нуждаемости почв в осушении и орошении.

Таблиц 2. Иллюстраций 1. Библиография — 3 названия.