

И.В. Минаев, канд. техн. наук

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ, УЧИТЫВАЮЩИХ ОХРАНУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Комплексной мелиоративной системой будем называть систему с комплексом инженерных сооружений и работ (культурно-технических, планировочных и др.), обеспечивающих заданный водный режим почвы территории объекта и сохранение (или улучшение) природной обстановки как в контурах площади объекта, так и на прилежащих землях. Если необходимо выделить отдельно мелиоративную систему, обеспечивающую заданный (или предполагаемый) водный режим почвы без включения сооружений и мероприятий, обеспечивающих охрану природной среды, то будет употреблен термин "мелиоративная система" или "осушительная", "осушительно-увлажнительная", "система дождевания" и т.д.

Сооружения и мероприятия, обеспечивающие сохранение или улучшение природной обстановки, будут именоваться природоохранными сооружениями и мероприятиями или природоохранным комплексом мероприятий и сооружений.

В качестве примеров комплексных мелиоративных систем приводятся инженерные схемы, предназначенные для защиты природных объектов или для борьбы с загрязнением почвы, воды и воздуха.

На рис. 1 приводится схема осушения заболоченной территории (F_1) в пойме и использования дренажной воды на орошение прилежащей площади (F_2). В этой схеме инженерных мероприятий дренажная вода очищается от механических примесей в пруде, а растворенные вещества вместе с водой вновь попадают на поля орошаемой площади.

Русло реки перегораживается плотиной и дамбой для образования летнего пруда. Паводковые воды пропускаются через русловые сооружения. В посевной и меженный периоды, когда идет дренажный сток с повышенной концентрацией растворенных веществ, насосная станция подает этот сток (разбавлен

ный водой реки) в пруд, откуда он периодически забирает —ся на орошение. В некоторых случаях возможно объединение двух насосных станций в одну.

На рис. 2 приведена схема увлажнения песчаной гряды для предупреждения ее развеивания. Песчаная гряда находится внутри контура объекта мелиорации и защищается подачей воды из нагорно-ловчего канала. Такая схема защиты возможна при достаточно устойчивом стоке грунтовых вод из-под коренного берега поймы. В пределах песчаной гряды проектируется безуклонный инфильтрационный канал. В результате высокого положения УГВ в пределах песчаной гряды капиллярная кайма смачивает верхний слой песка и предупреждает его развеивание.

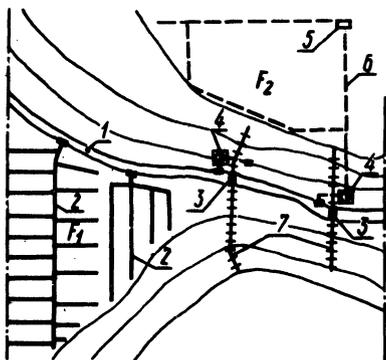


Рис. 1. Осушение в пойме и орошение прилегающей площади с созданием накопительного пруда: 1 - река; 2 - каналы осушительной системы; 3 - русловые сооружения; 4 - насосные станции; 5 - напорное сооружение для выпуска воды для орошения площади; 6 - напорный трубопровод; 7 - плотина и дамба накопительного пруда.

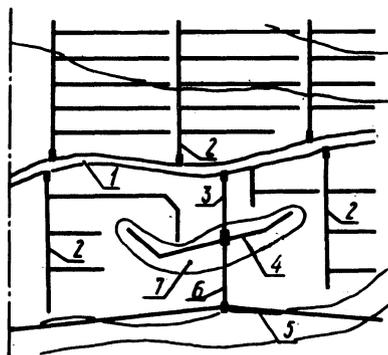


Рис. 2. Увлажнение песчаной гряды для предупреждения ее развеивания: 1 - река; 2 - каналы осушительной системы; 3 - сбросной канал; 4 - увлажнительный; 5 - нагорно-ловчий; 6 - питательный канал (трубопровод); 7 - песчаная гряда.

На рис. 3 представлены два варианта осушения заболоченного понижения в пойме реки. Первый вариант традиционный, предусматривает осушение участка магистральным каналом и дренажной сетью, второй - учитывает геологическое строение и гидрогеологические условия региона. С поверхности заболоченный участок оторфован, а ниже, до глубины 20 - 25 м, залегают водоносные пески, продолжающиеся под бортами понижения. По обеим сторонам заболоченного участка проектируется ряд скважин с тем, чтобы понизить УГВ и осушить по-

нижение. Поднятую воду предусматривается использовать для орошения прилегающих земель. Осушение заболоченного участка дренажем приведет к созданию чистого дохода несколько меньшего, чем в случае осушения и увлажнения этого участка. Однако орошение прилежащих земель почти удваивает чистый доход и несколько компенсирует возможное снижение влажности воздуха (компенсация изменения микроклимата).

На рис. 4 приведена схема упорядочения водного режима подтопленной территории. Весенний и осенний сток удаляется самотеком, поскольку ограждающие дамбы обвалования отсутствуют. Насосные установки подают воду в лоток (на дамбе) и понижают затем УГВ до нормы осушения соответствующего периода. Основная цель мероприятий по схеме – охрана природы, т.е. ликвидация заболоченности территории в летний пе-

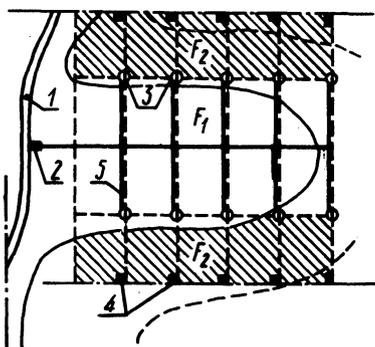


Рис. 3. Орошение прилежащих земель водой из дренажных колодцев: 1 – река; 2 – канал осушительной системы I варианта; 3 – дренажные колодцы; 4 – водовыпуски для орошения; 5 – водосбросные трубопроводы.

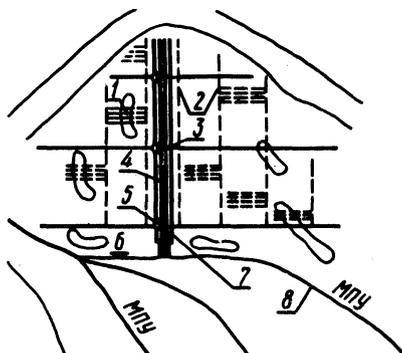


Рис. 4. Упорядочение водного режима подтопления территории: 1 – дрены; 2 – коллекторы; 3 – труба, соединяющая канал с приемным колодцем насосной установки; 4 – лоток; 5 – насосная установка; 6 – открытые каналы; 7 – дамба; 8 – укрепленный водосброс.

риод, оздоровление местности путем устранения болотной растительности. Одновременно территория используется для выращивания сельскохозяйственных культур позднего сева или трав (из-за неупорядоченного уровня режима водохранилища и отсутствия дамб).

На рис. 5 приведена схема упорядочения дорожной сети для предупреждения разрушения ландшафта, имеющего рекреационное значение. При осушении поймы ликвидируются полевые дороги для подъезда к песчаным грядам левого берега реки. Создаются подъезды на правом (высоком берегу) и сохраняется место отдыха на левом.

На рис. 6 приведена схема регулирования реки водоприемника с сохранением ее планового очертания. В результате работ по регулированию реки понижаются уровни (расчетные) воды в ней, но сохраняется (не полностью) очертание в плане, а русло реки проектируется как цепь проточных водоемов. Спрямяемые участки выполняются в виде каналов. Такое регулирование русел рек возможно при небольших расчетных расходах воды.

Для комплексных мелиоративных систем необходимо отдельно выделить затраты на строительство природоохранных сооружений и мероприятий, поскольку возможны различные участники комплекса. При комплексном решении природоохранных мероприятий денежные средства могут вноситься на долевых началах.

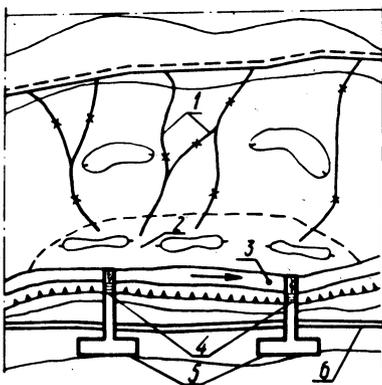


Рис. 5. Упорядочение дорожной сети для предупреждения разрушения ландшафта: 1 - ликвидируемые грунтовые дороги; 2 - река; 3 - спуски к реке; 4 - места стоянки машин; 5 - проектируемая дорога.

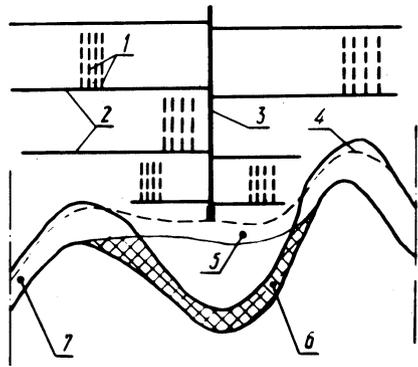


Рис. 6. Регулирование русла с частичным сохранением плавового ее очертания: 1 - дрена; 2 - коллекторы; 3 - магистральный канал осушительной системы с водовыпускным сооружением; 4 - участок реки, сохраняемый в естественном плавовом очертании, но углубляемый; 5 - спрямляемый участок реки; 6 - ликвидируемый участок реки; 7 - участок русла реки со спрямляемым одним берегом.

Размеры или параметры сооружений определяются назначением комплекса. Параметрами сооружения могут быть не только его размер, но и расстояние между дренами, глубина закладки дрен, которые не являются размерами сооружения (дрен). К параметрам систем могут относиться характерные величины не только с линейной, но и с более сложной размерностью (расход, м³/с; скорость, м/с и др.), а также с нулевой размерностью (уклон, обеспеченность уровней) и др.

От параметров мелиоративной системы зависит ее строительная стоимость.

Для комплексных мелиоративных систем критерием оптимальности параметров принимаем приведенные затраты, определяемые согласно типовой методике [7] или отраслевой инструкции [2] (по определению экономической эффективности капитальных вложений).

Основными понятиями в технико-экономических расчетах являются: функция цели, система ограничений, критерий оптимальности, решение функции. Все это объединяется термином «экономико-математическая модель» [1].

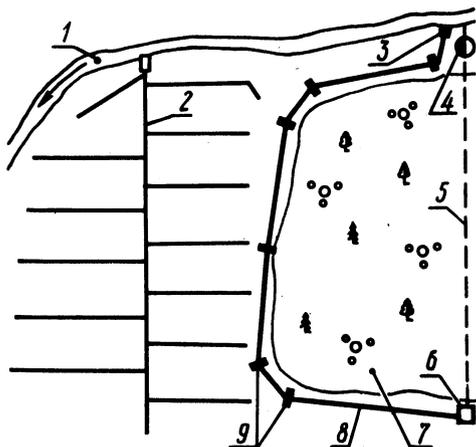


Рис. 7. Инженерные мероприятия по консервации уровня грунтовых вод (УГВ) на территории заповедника с сохраняемой флорой и фауной: 1 - река; 2 - магистральный канал осушительной системы; 3 - водосбросные сооружения; 4 - насосная установка; 5 - напорный трубопровод; 6 - напорное сооружение; 7 - территория заповедника; 8 - инфильтрационный канал; 9 - перегораживающие (подпорные сооружения).

В качестве примера взята мелиоративная система (рис. 7), состоящая из дрен, коллекторов и магистрального канала, впадающего в регулируемую реку-водоприемник. Часть поймы реки, в которой проектируется мелиоративная система, ранее была отведена под заповедник. Для исключения влияния мелиоративной системы на территории заповедника проектируются следующие сооружения: насосная установка с напорным трубопроводом и напорным (водовыпускным) сооружением, инфильтрационный канал с перегораживающими (подпорными) сооружениями, водосбросное сооружение на инфильтрационном канале. Эти сооружения следует считать природоохранными, поскольку инфильтрация воды из канала позволяет законсервировать УГВ на необходимых (существующих) отметках в различные периоды года.

Капитальные вложения в строительство целевой (производственной) мелиоративной системы состоят из затрат на

строительство дрен ($K_{др}$), коллекторов ($K_{кл}$), магистрального канала с водовыпускным сооружением ($K_{МК}$) и затрат на регулирование водоприемника ($K_{впр}$). Ежегодные издержки по целевой системе складываются из затрат по обслуживанию закрытой и открытой дренажной сети и водоприемнику (основная часть затрат - заработная плата обслуживающего и управленческого персонала) и амортизационных отчислений по элементам дренажной системы на восстановление и капитальный ремонт $C_{ц}$. Затраты на текущий ремонт включаются в ежегодные затраты по обслуживанию системы, поскольку отчисления на текущий ремонт от основных фондов невелики [2]. Если система не самотечная, а насыщена насосными установками, дождевальными машинами и другой техникой, то отчисления на текущий ремонт будут существенными и могут выделяться отдельным слагаемым в сумме ежегодных издержек.

Учитывая количество элементов (или сооружений) системы, формулу приведенных затрат по i -му варианту можно записать так:

$$E_n \sum_{j=1}^4 K_{ji} + \sum_{j=1}^4 C_{ji} = \min, \quad (1)$$

где K_{ji} - капитальные вложения по элементам мелиоративной системы $K_{1i} = K_{дрi}$; $K_2 = K_{клi}$; $K_3 = K_{МКi}$; $K_4 = K_{впрi}$; C_{ji} - ежегодные издержки по элементам мелиоративной системы $C_{1i} = \eta_1 K_{1i} + C_{э1i}$; $C_{2i} = \eta_2 K_{2i} + C_{э2i}$; $C_{3i} = \eta_3 K_{3i} + C_{э3i}$; $C_{4i} = \eta_4 K_{4i} + C_{э4i}$; $\eta_1 = \eta_{др}$; $\eta_2 = \eta_{кл}$; $\eta_3 = \eta_{МК}$; $\eta_4 = \eta_{впр}$ - доли амортизационных отчислений (на восстановление и капитальный ремонт) по соответствующим элементам дренажной мелиоративной системы.

Формулу (1) для i -го варианта можно также представить в виде

$$K_{1i} (\eta_1 + E_n) + K_{2i} (\eta_2 + E_n) + K_{3i} (\eta_3 + E_n) + K_{4i} (\eta_4 + E_n) + C_{эji} = \min, \quad (2)$$

где $C_{эji} = \sum_{j=1}^4 C_{эji}$ - эксплуатационные затраты по системе. В выражении (2) представлены приведенные затраты по дренажной системе без учета затрат на природоохранные сооружения.

Увеличение расстояний между дренами (B) и уменьшение глубины их закладки (h) выгодно в стоимостном отношении. Однако такое изменение параметров приводит к ухудшению мелиоративного состояния почвы; почва послевадет не в оптимальные сроки и возникает опоздание с началом полевых работ, началом сева яровых культур и началом нормальной вегетации (для трав и озимых культур). Опоздание со сроком сева (или началом вегетации) приводит к снижению урожайности культур, т.е. возникает ущерб ($Y_{щ1}$), который в стоимостном виде выражается следующим образом:

$$Y_{щ1i} = \Delta Y_{p1i} F_c \bar{c},$$

где $Y_{щ1}$ - ущерб весеннего (предпосевного) периода в i -ом варианте параметров системы; ΔY_{p1i} - потери урожайности из-за неоптимальных сроков сева (начала вегетации); F_c - площадь (нетто) дренажной системы; \bar{c} - закупочная цена (средняя) по культурам. Здесь ущербы вычисляются по стоимости валовой продукции (а не чистому доходу), поскольку с потерей урожайности теряются и затраты на выращивание урожая.

В осенний период уборка урожая должна быть проведена в оптимальные сроки и за определенное количество дней (для зерновых за 7 дней [4]). Увеличение расстояний между дренами и уменьшение глубины их закладки приводит к потерям урожайности культур в осенний период [4]. Ущерб от потери урожайности осеннего периода можно выразить формулой

$$Y_{щ2i} = \Delta Y_{p2i} F_c \bar{c},$$

где ΔY_{p2i} - потери урожайности культур (в i -ом варианте параметров) осеннего периода.

Запись формул ущербов предполагает выращивание культур на землях системы одностороннего действия (без увлажнения почвы в летний период), а также при условии, что потери урожайности происходят ежегодно; если же принять, что эти потери происходят только в некоторые годы, то необходимо их умножить на принятую (или установленную расчетом) обеспеченность лет по потерям: $p_1 Y_{щ1i}$, $p_2 Y_{щ2i}$, p_1 - обеспеченность (в долях) потерь урожая в весенний период, p_2 - то же, в осенний период. Все затраты приводятся к условиям, при которых можно получить максимальную урожайность. Для этого

в уравнение (2) включаем ущербы от потерь урожайности в весенний и осенний периоды и записываем

$$\sum_{j=1}^4 K_{ji} (\eta_j + E_H) + \sum_{j=1}^4 C_{эji} + \sum_{k=1}^2 Y_{щki} P_{ki} = \min, \quad (3)$$

где j - номер элемента мелиоративной системы; i - вариант параметров системы (h_{ji}^d, B_{ji}^d); k - вид ущерба ($k=1; 2$).

Величины ущербов включаются в уравнение (2) на следующем основании. На строительство мелиоративной системы из бюджета изымается некоторая сумма денежных средств, однако платить за создание системы возможно не только суммами бюджета, но и продукцией с данного объекта, поэтому ущербы выступают здесь в виде платы (или затрат).

В уравнение (3) необходимо включить амортизационные отчисления по уборочным машинам ($k_5 \eta_5$) и ежегодные затраты на уборку дополнительного урожая ($C_{э5i}$), т.е. добавить два слагаемых $K_{5i} (\eta_5 + E_H) + C_{э5i}$. Если возможно установить зависимость этой суммы от параметров системы, то ее включают в ежегодные затраты. Тогда уравнение (3) будет иметь вид

$$\sum_{j=1}^5 K_{ji} (\eta_j + E_H) + \sum_{j=1}^5 C_{эji} + \sum_{k=1}^2 Y_{щki} P_{ki} = \min. \quad (4)$$

За ущерб можно принять приведенные затраты в заменяющем варианте, если возмещение потерянной продукции возможно на другом земельном участке, требующем мелиорации. В выражении (4) затраты соответствуют сроку строительства дренажной системы в течение одного года, т.е. строительству системы площадью 200-250 га (СН 440-72 Госстроя СССР).

Если же площадь больше, то срок строительства увеличивается, например, для дренажной системы площадью 1000 га он составляет 24 месяца. В соответствии с требованием инструкции "сравнение вариантов следует производить приведением затрат более поздних лет к текущему моменту путем применения коэффициента приведения . . ." [3, с.13]. С учетом коэффициента приведения (B_t) капитальные вложения можно вычислить по формуле (3)

$$K_{\text{пр}} = \sum_{t=1}^T K_t B_t = \sum_{t=1}^T K_t \frac{1}{(1+E_{H,П})^{T-1}}, \quad (5)$$

где K_t - приведенные затраты в t -м году по сравниваемым вариантам; $E_{нп}$ - норматив для приведения разновременных затрат (0,08)^{нп}; t - период времени приведения в годах; T - продолжительность строительства в годах.

С учетом приведения капитальных вложений по времени функцию цели (7) можно теперь записать в виде

$$\sum_{j=1}^5 K_{пр j} E_{нп} + \sum_{j=1}^5 K_{j} \eta_j + \sum_{j=1}^5 C_{э j} + \sum_{k=1}^2 Y_{щ k} P_{k i} = \min. \quad (6)$$

Инструкция [2] требует также, чтобы в вариантах с различной продолжительностью строительства учитывался дополнительный чистый доход, получаемый за период ввода объекта в эксплуатацию. Для систем с различными вариантами параметров практически срок строительства и введения объекта в строй одинаков. Однако возможно внутреннее перераспределение капитальных вложений по периодам строительства, так как при больших расстояниях между дренами срок их строительства несколько сокращается. Кроме того, инструкция [2] рекомендует учитывать чистый доход, получаемый с мелиорируемых земель по годам освоения (до полного ввода объекта в действие). Этот расчет капитальных вложений можно произвести по способу, изложенному в [5] или [8].

Для более детального анализа функции цели используем функцию (4). Представим функцию (4) в виде суммы функций от двух (h, B) и одной (h) переменной. При изменении параметров дренирования (h, B) вычисляются удельные (на

$$1 \text{ га) приведенные затраты } (\bar{S}_{пр} = \frac{S_{пр}}{F_{пр}}):$$

$$\bar{S}_{пр} = \left(\frac{S_{др}(h, B)}{F_{др}} + \frac{S_{кл}(h, B)}{F_{кл}} + \frac{S_{МК}^j(h)}{F_c} + \right. \quad (7)$$

$$\left. + \left(\frac{S_m}{F_c} + \frac{S_{э}(h, B)}{F_c} + \frac{Y_{щ1}(h, B)}{F_c} + \frac{Y_{щ2}(h, B)}{F_c} \right) \right) = \min,$$

$$h_{\min} \leq h \leq h_{\max}; \quad B_{\min} \leq B \leq B_{\max},$$

где S (с индексами) - затраты по соответствующим элементам системы, умноженные на $(\eta_j + E_{нп})$ (уравнение (2)); $S_{э}$ - эксплуатационные затраты, не зависящие от параметров сис-

темы; S_m - затраты, связанные с приобретением дополнительной уборочной техники (зависящие от потерь урожайности культур); $F_{др}$, $F_{кл}$, F_c - площади (соответственно), обслуживаемые одной дренажной, коллекторной и площадью системы; h_{min} , h_{max} , B_{min} , B_{max} - ограничения, накладываемые на изменение переменных.

Ограничения могут быть и более существенными. Например, ограничения, накладываемые на функцию, выражающую стоимость трубок коллектора. При некоторых значениях h_i и B_i потребуются трубы диаметры трубок коллектора, не выпускаемых заводами (из данного материала); в этом случае на функцию накладывается ограничение $S_{кл}(h, B) \leq S_{кл}^{max}$. Все это касается и функций, выражающих приведенные затраты по магистральному каналу и водоприемнику. Топографические, гидрологические, гидравлические и другие условия могут мешать увеличению физических размеров этих сооружений. Тогда увеличение приведенных затрат будет невозможно, т.е. возникнут ограничения по максимуму приведенных затрат:

$$S_{МК}(h) \leq S_{МК}^{max}; \quad S_{впр}(h) \leq S_{впр}^{max}(h).$$

Затраты на строительство целевой мелиоративной системы непосредственно оказывают влияние на величину чистого дохода, а природоохранные сооружения - опосредованно, поддержанием определенных условий существования природной обстановки. Следовательно, все сооружения и проводимые работы по мелиоративной системе и природоохранным сооружениям можно рассматривать как мероприятия, изменяющие сложившуюся природную обстановку в нужном направлении (увеличение сельскохозяйственной продукции).

Значения приведенных затрат обычно связаны с какой-то производственной величиной; получаемой продукцией, объемом поданной воды или площадью объекта. Для комплексной мелиоративной системы такой обобщающей величиной следует считать площадь объекта. Приведенные затраты по природоохранным сооружениям можно рассматривать, как ущерб внешнего характера, поскольку строительство этих сооружений обеспечивает нормальное функционирование мелиоративной системы и сохранение природной обстановки заповедника; эти капитальные вложения можно определить, как сопряженные. Ущерб внешнего характера с учетом стоимости природоохранных сооружений и их эксплуатации

$$Y_{\text{щз}} = K_{\text{н.с}}(\eta_6 + E_{\text{н}}) + K_{\text{ф.к}}(\eta_7 + E_{\text{н}}) + K_{\text{с}}(\eta_8 + E_{\text{н}}) + C_{\text{э.н.с}} + C_{\text{э.п.с}}, \quad (8)$$

где K - (с индексами) капитальные вложения по насосной станции, фильтрационному каналу, сооружениям (трубопроводу, напорному сооружению, перегораживающим и сбросному сооружениям); $C_{\text{э.н.с}}$ - эксплуатационные затраты (включая текущий ремонт) по насосной станции; $C_{\text{э.п.с}}$ - эксплуатационные затраты по природоохраным сооружениям.

Функция ущерба, сформированная на основе приведенных затрат по (8) будет иметь вид

$$\bar{Y}_{\text{щз}} = \frac{S_{\text{н.с}}(h)}{F_{\text{с}}} + \frac{S_{\text{ф.к}}(h)}{F_{\text{с}}} + \frac{S_{\text{с}}(h)}{F_{\text{с}}} + \frac{C_{\text{э.н.с}}(h)}{F_{\text{с}}} + \frac{C_{\text{э.п.с}}}{F_{\text{с}}}, \quad (9)$$

где $\bar{Y}_{\text{щз}} = \frac{Y_{\text{щз}}}{F_{\text{с}}}$; $F_{\text{с}}$ - площадь дренажной системы (нетто).

Функция $\bar{Y}_{\text{щз}}$ зависит от одной переменной (h), так как с возрастанием глубины УГВ на дренируемой территории увеличивается глубина инфильтрационного канала (хотя возможно и не пропорционально h), мощность насосной установки и т.д. Эта функция практически не зависит от расстояния между дренами (теоретически такая зависимость существует). Поскольку природоохранные сооружения строятся одновременно с мелиоративной системой, то необходимо учесть фактор времени и поэтому общий вид функции цели будет иметь вид

$$\bar{S}_{\text{пр}} = \left[\left(\frac{S_{\text{др}}(h, B)}{F_{\text{др}}} + \frac{S_{\text{кл}}(h, B)}{F_{\text{кл}}} + \frac{S_{\text{МК}}(h)}{F_{\text{с}}} + \frac{S_{\text{впр}}(h)}{F_{\text{с}}} \right) B_{\text{т}} + \left(\frac{S_{\text{м}}}{F_{\text{с}}} + \frac{S_{\text{э}}}{F_{\text{с}}} + \frac{Y_{\text{щ1}}(h, B)}{F_{\text{с}}} + \frac{Y_{\text{щ2}}(h, B)}{F_{\text{с}}} \right) \right] + \frac{Y_{\text{щз}}(h) B_{\text{т}}}{F_{\text{с}}}, \quad (10)$$

где $B_{\text{т}} = 1: (1+E_{\text{н.п}})^{T-1}$ - коэффициент приведения капитальных затрат при сроке строительства T ; $h_{\text{мин}} \leq h \leq h_{\text{макс}}$; $B_{\text{мин}} \leq B \leq B_{\text{макс}}$.

Существуют и другие виды капитальных затрат при освоении вновь осушенных земель (на производство культур - технических, планировочных работ, внесение удобрений на первичное освоение, известкование и пр.). Однако стоимость этих видов работ в функцию цели включать не следует, по-

сколько они не зависят от выбранных параметров системы и поэтому не окажут влияния на величину оптимальных параметров. Следует отметить, что в других случаях эти затраты включать необходимо [6].

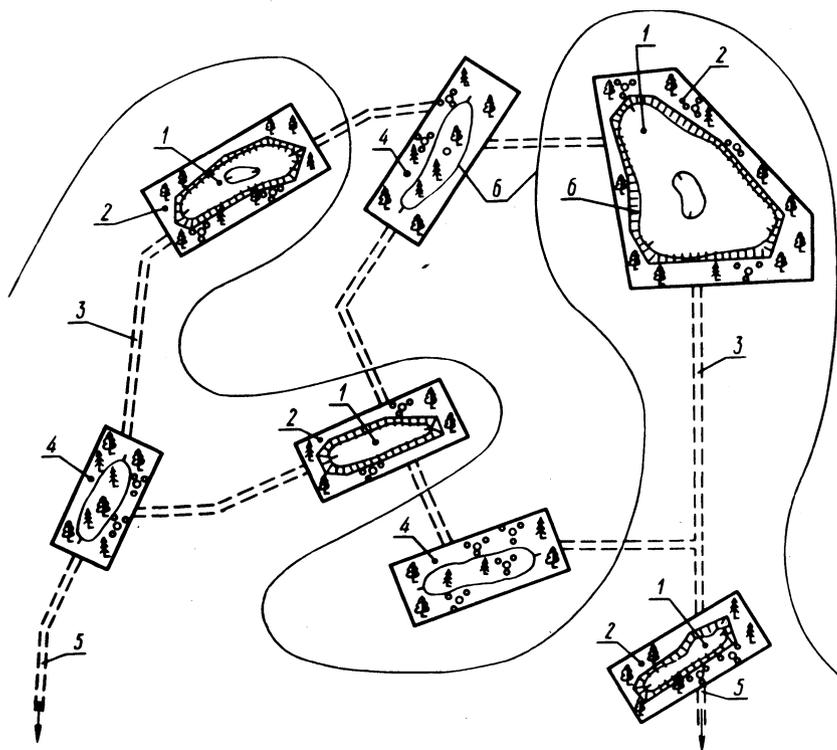


Рис. 8. Круговые угодья на периодически переувлажняемых тяжелых почвах с целью создания благоприятных условий для обитания полевой дичи: 1 - прудок; 2 - лесокустарниковые посадки вокруг прудка; 3 - коммуникации; 4 - лесокустарниковые посадки на возвышениях; 5 - водосбросы за пределы мелиорируемой территории; 6 - горизонтали.

Как уже указывалось, некоторые комплексные системы имеют природоохранные сооружения, выполняющие роль и мелиоративных. В качестве такой системы рассмотрим мелиоративную систему (рис. 8), проектируемую на землях тяжелого механического состава при одновременном использовании этих земель как сельскохозяйственных и охотничьих угодий. В местных понижениях образуются прудки, обсаженные лесокустарниковой растительностью, задерживающей вынос семян сорных растений на поля и служащей укрытием для животных. На возвышениях проектируются лесокустарниковые посадки. Ос-

тальные понижения и возвышения засыпаются и срезаются в результате планировки. Избыточная вода резервируется в прудках или сбрасывается по каналам и закрытым дренам.

Чистый доход должен исчисляться для такой системы, как сумма чистых доходов от сельскохозяйственного производства и от использования земель в качестве охотничьих угодий. Основными недостатками такой организации территории является снижение коэффициента земельного использования (КЗИ) и возможное уменьшение длины гона сельскохозяйственных машин и угодий.

Математическая модель для такой системы может быть сформирована по критерию максимума дополнительного чистого дохода, отнесенного к величине суммарных капитальных вложений (на сельскохозяйственное производство и организацию охотничьего хозяйства), вызвавших прирост чистого дохода, т.е. по максимуму коэффициента экономической эффективности. Оптимизируемым параметром системы будет коэффициент земельного использования. Теоретически КЗИ может принимать значения от 0 до 1, т.е. максимум чистого дохода будет соответствовать случаю использования мелиорируемой территории как охотничьего хозяйства и сельскохозяйственного угодья.

Таким образом, комплексные мелиоративные системы могут иметь математические модели, сформированные по различным критериям оптимальности, и оптимальные параметры могут определять как минимум целевой функции, так и максимум.

Резюме. Проектирование комплексных мелиоративных систем позволяет учитывать требования охраны окружающей среды. Для каждой комплексной системы необходимо формировать математическую модель, с помощью которой возможно определить оптимальные параметры системы. Нахождение оптимальных параметров комплексных систем позволяет снижать затраты на их строительство и эксплуатацию.

Л и т е р а т у р а

1. Добровольский В.К. Экономико-математическое моделирование (вопросы методологии). Киев, 1975. 2. Инструкция (методика) по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ. М., 1972. 3. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве (СН 423=71). М., 1972. 4. Лыч Г.М. Эффективность мелиорации. М., 1975. 5. Методические указания по опреде-

лению экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель в Нечерноземной зоне. Минск, 1974. 6. Ми-наев И.В. Расчет оптимальной длины ДМ "Фрегат" при заборе воды из скважины. - "Гидротехника и мелиорация", 1976, № 9. 7. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., 1969. 8. Указания по методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в мелиорации. М., 1961.

УДК 627.88 + 624.145.8

Е.М.Левкевич, канд.техн.наук

СРОКИ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ БССР

Ледовые явления на реках и водохранилищах оказывают существенное влияние на эксплуатацию гидротехнических сооружений, а также на характер процессов, происходящих в береговой зоне. В ряде случаев для эксплуатации сооружений и их проектирования имеют большое значение не только характеристики ледяного поля, определяющие величину нагрузок, но и сроки наступления и окончания ледовых явлений. В частности, переформирования берегов водохранилищ и неукрепленных откосов земляных сооружений, подвергающихся действию волн, происходят только в период, свободный от льда, поэтому правильное определение сроков начала и окончания ледовых явлений способствует более надежному прогнозу переработки берегов.

При этом представляют интерес средние даты за многолетний период, так как процесс переработки берегов происходит в течение ряда лет, а новые формы берега образуются в результате осредненного во времени воздействия гидрометеорологических и других факторов. Этот вопрос имеет существенное значение и для условий Белоруссии, так как водохранилища и озера, расположенные на ее территории, покрываются устойчивым ледовым покровом (кроме аномальных лет с небольшими отрицательными температурами).

В общем случае сроки начала и окончания ледовых явлений, а соответственно и их длительность могут быть определены по данным непосредственных наблюдений. Приблизленно