

О.А. Дьяков

**МОДЕЛЬ И ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ВОССОЗДАНИЯ
ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ НА ПОЛЬДЕРЕ,
РАСПОЛОЖЕННОМ МЕЖДУ Р. ДУНАЙ И ОЗ. КУГУРЛУЙ**

Описаны модель воссоздания ключевых гидроэкологических процессов на обвалованных территориях и граничные условия восстановления экосистемы водно-болотного угодья на пolderе, расположенном между р. Дунай и оз. Кугурлуй. Представлен оптимальный режим обводнения пolderа.

В настоящее время в проектировании восстановления водно-болотных угодий (ВБУ) и их последующей эксплуатации с успехом используют методы экологического моделирования. На практике невозможно адекватно отразить все структурное богатство любого сложного экологического объекта. Поэтому при создании модели возникает проблема выделения ключевых (основных) экорегулирующих свойств и процессов. При восстановлении водно-болотных угодий одним из ключевых процессов является гидрологический режим, который и был положен в основу модели воссоздания гидроэкологических процессов на обвалованных территориях – модели “Пolder” (рис.1).

Рассматриваемая модель относится к получившему широкое распространение в современной практике направлению – имитационному моделированию [5, 8, 9].

Модель “Пolder” предназначена для отображения (имитации) уровневого режима в восстанавливаемом ВБУ. Рассчитываемый уровень определяется геоморфологическими характеристиками, внешними и внутренними гидрологическими условиями, а также параметрами гидротехнических сооружений, связывающих восстанавливаемую территорию с сопредельными водными объектами. Под внешними гидрологическими условиями подразумевается динамика уровней в водоемах и водотоках сопредельных к восстанавливаемому объекту. В случае пolderа, расположенного между р. Дунай и оз. Кугурлуй (далее

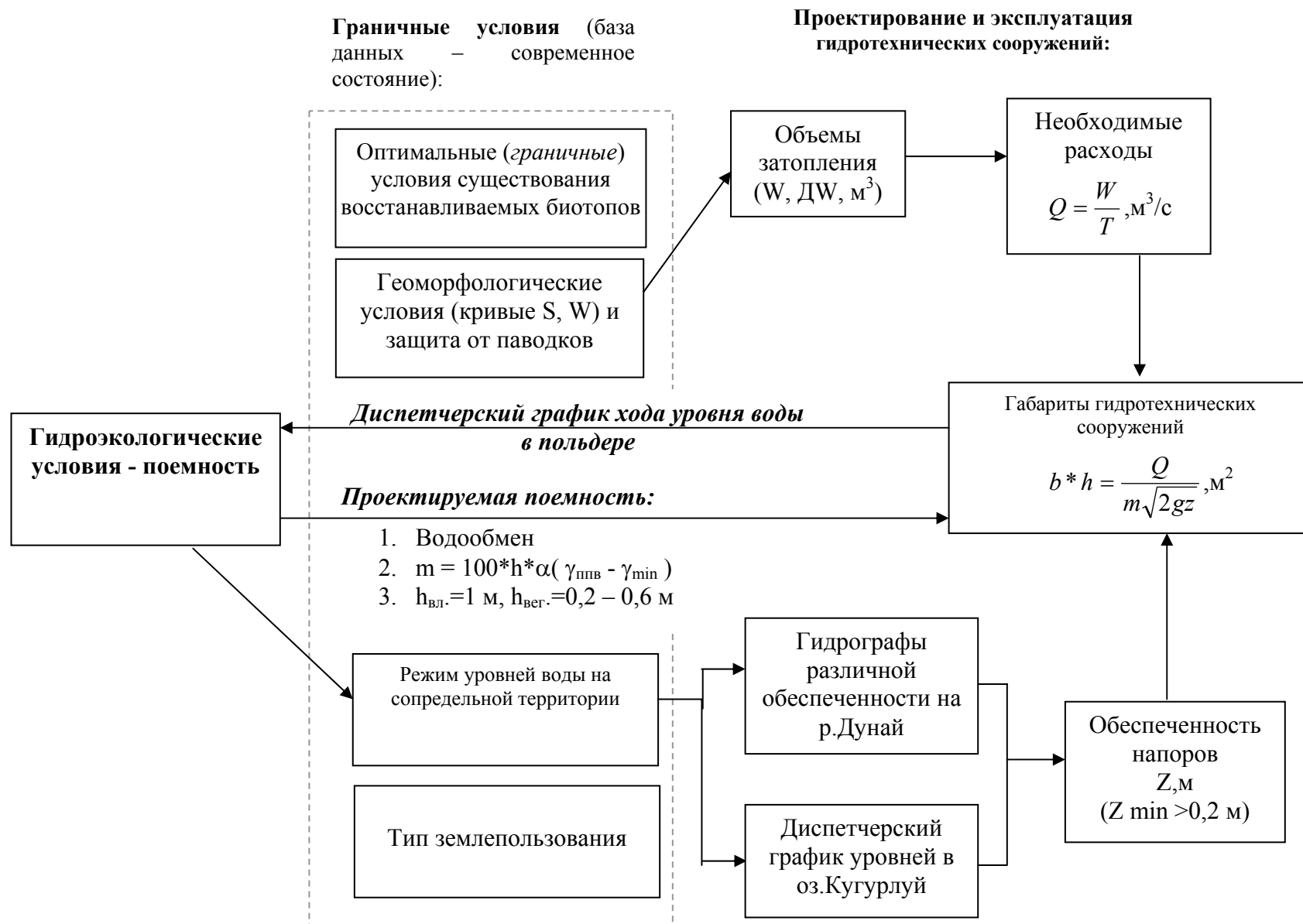


Рис. 1. Модель воссоздания ключевых гидроэкологических процессов на обвалованных территориях

польдер), в качестве характеристики внешних гидрологических условий использовались графики хода уровней воды в реке и озере. Изменение уровня воды непосредственно в ВБУ определяется внутренними условиями, т.е. уровнем воды в польдере до начала затопления.

Граничные условия вытекают из современных антропогенных и природных характеристик как польдера, так и сопредельных территорий. Например, из отметок затопления окружающих населенных пунктов и объектов их инфраструктуры. Землепользование характеризует направление антропогенного воздействия. А природные особенности польдера характеризуются геоморфологическими, гидрологическими и биотическими условиями (см. рис. 1).

Геоморфологические характеристики территории определяют объемы воды, необходимые для затопления польдера. На основании времени затопления необходимые объемы пересчитываются в расходы воды, пропуск которых должен быть обеспечен проектируемыми сооружениями.

Граничные гидрологические условия определяются уровневый режимом примыкающих к польдеру сопредельных территорий. Гидрографы различной обеспеченности на Дунае и диспетчерский график уровня в озере Кугурлуй характеризуют напоры, которые, в свою очередь, определяют габариты гидротехнических сооружений и характеризуют диспетчерский график хода уровней воды в польдере (см. рис. 1). Последний должен обеспечивать желаемые условия местообитания, в которых и будет восстанавливаться “проектируемая” экосистема со свойственным ей биоразнообразием [2].

Физико-географическое описание, административное положение и геоморфологические условия польдера

По физико-географическому районированию устьевой области Дуная рассматриваемая территория относится к зоне собственно дельты, подзона дельта речная, район дельта севернее Килийского рукава, подрайон Новосельские и Репидские плавни [6].

В административном плане исследуемая территория расположена в Ренийском районе Одесской области, ближайшими населенными пунктами являются села Новосельское и Орловка.

Польдер вытянут в меридиональном направлении по течению реки Дунай и занимает площадь 1220 га. Максимальная длина территории

равняется 12 км, а ширина – 3,6 км. Территория польдера находится на землях двух сельских советов сел Плавни (914 га) и Новосельское (306 га).

Рельеф польдера равнинный с общим уклоном в направлении оз.Кугурлуй. Микрорельеф территории отличается вытянутыми по направлению течения реки понижениями (депрессиями), оставшимися после проведения планировочных работ, и ликвидации многочисленных протоков и стариц. С течением времени из-за неоднородности грунта и изменения гидрологических условий почвы участки, расположенные на засыпанных протоках, начали проседать с образованием различных по величине депрессий. К депрессиям антропогенного происхождения относится построенная в 1985 г. система дренажных каналов общей протяженностью около 20 км.

Анализ топографической информации показал наличие на рассматриваемом объекте значительного перепада высот в диапазоне от 1,6 до 3,9 м БС. К положительным составляющим рельефа относятся окружающие польдер дамбы обвалования. Максимальные отметки гребня соответствуют Дунайской дамбе и превышают 7 м БС, минимальные – дамбе, отделяющей польдер от оз.Кугурлуй (4,2 м БС). Разница между По гипсометрическому положению территорию польдера можно разделить на участки высокой (свыше 3,5 м БС), средней (от 3 до 3,5 м БС) и низкой поймы (менее 3 м БС).

Гидрологические условия, лимитирующие сроки и уровень затопления польдера и защита от паводков

После строительства дамбы территория польдера потеряла прямую гидрологическую связь с Дунаем и Кугурлуем. Ее гидрологический режим стал определяться атмосферными осадками и уровнем стояния грунтовых вод. Во время паводков, из-за гидростатического напора, вызванного высокими уровнями стояния воды в Дунае и Кугурлуе, грунтовые воды выходят на поверхность. Это при наложении атмосферных осадков приводит к затоплению более 50 % территории польдера.

Главным фактором, определяющим восстановление экосистемы ВБУ на территории польдера является уровневый режим воды в р.Дунай и в оз.Кугурлуй. Анализ расчетных гидрографов разной обеспеченности по р.Дунай у польдера и характерных уровней в оз.Кугурлуй позволяет одновременно оценить их изменение.

Сопоставление хода среднедекадных уровней 10, 25, 50 и 75% обеспеченности по р.Дунай в створе польдера с усредненным за 1971-

1987гг. ходом уровней по водомерному посту (в/п) Коса на оз.Кугурлуй-Ялпуг и с диспетчерским графиком эксплуатации Кугурлуйского водохранилища (рис. 2) показывает их асимметричность. В феврале-мае рост уровня в Дунае начинается раньше и его отметки существенно больше, чем в Кугурлуе. А в августе-декабре наоборот, уровни в Кугурлуе, как правило, превышают соответствующие уровни в Дунае. Такая ситуация позволяет регулировать уровень воды в польдере самотеком при помощи системы водопропускных сооружений, которые должны быть расположены в дамбах со стороны р.Дунай и оз.Кугурлуй.

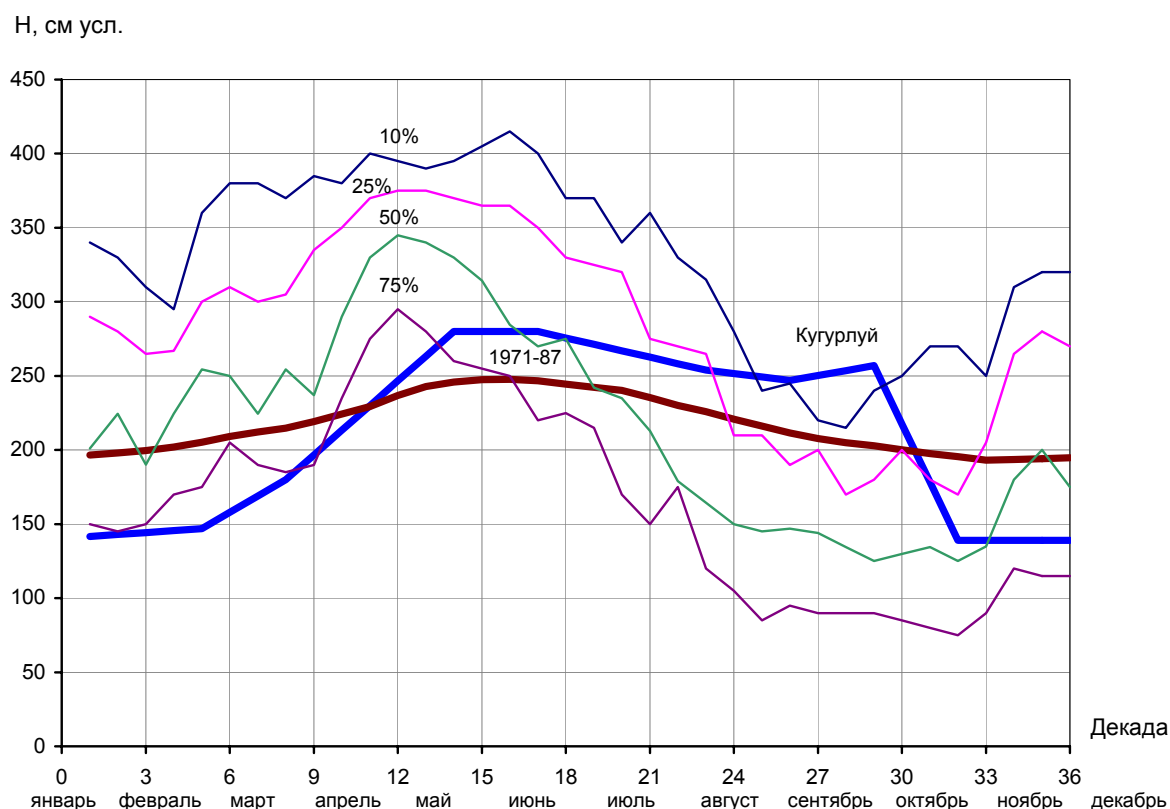


Рис. 2. Сопоставление хода среднедекадных уровней 10, 25, 50 и 75% обеспеченности по р Дунай с усредненным ходом уровня по в/п Коса оз.Ялпуг (1971-1987 гг.) и диспетчерским графиком оз.Кугурлуй

Рассмотрим опасность затопления населенных пунктов, расположенных на сопредельных к польдеру территориях, в случае использования нерегулируемых водопропускных сооружений (проранов) в дамбах обвалования. По данным наблюдений за ежегодными максимальными уровнями на в/п Рени и Измаил за период с 1965 по 1987 гг. были построены соответствующие кривые обеспеченности. Пересчет

построенных кривых в кривую обеспеченности максимальных ежегодных уровней в створе польдера проведен с учетом уклона водной поверхности между в/п Рени и Измаил при максимальных уровнях воды.

Сопоставление кривой обеспеченности максимальных ежегодных уровней воды с минимальными уровнями затопления сел Новосельское, Новая Некрасовка и Ларжанка показало, что села Новая Некрасовка и Ларжанка не затапливаются при максимальных уровнях 10% обеспеченности. Однако, минимальные отметки поверхности в с.Новосельское при этом уровне будут затапливаться почти на метр. Даже максимальный уровень в реке Дунай 70% обеспеченности будет затапливать с. Новосельское.

По данным нивелирования дамб обвалования польдера, выполненного в июне 1999 г. (Укрюжгипроводхоз), были построены продольные профили гребней дамб, отделяющих польдер от р.Дунай (дунайская дамба) и оз.Кугурлуй (кугурлуйская дамба) (рис. 3).

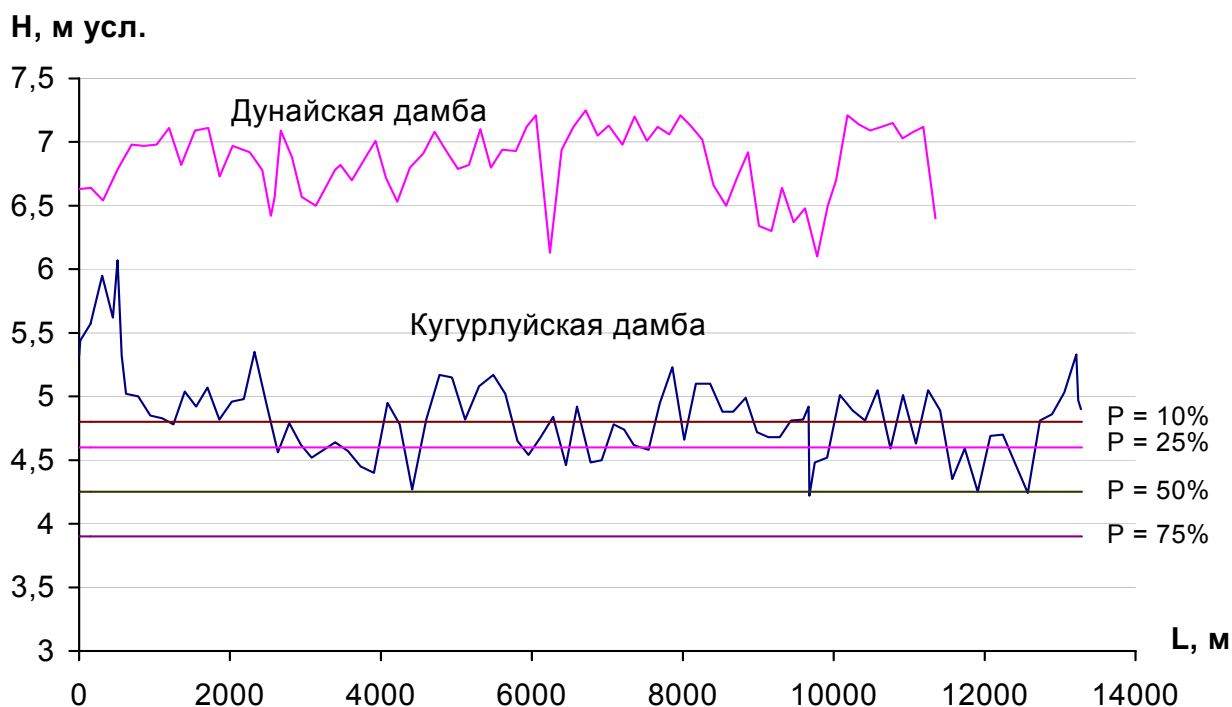


Рис. 3. Сопоставление отметок гребня дамб с максимальными уровнями воды 10, 25, 50 и 75 % обеспеченности

Отметки дунайской дамбы изменяются в пределах от 6,1 до 7,2 м усл., а кугурлуйской дамбы от 4,2 до 5,3 м. Таким образом, дунайская

дамба на 1,3 - 2,4 м выше максимального уровня воды на р.Дунай 10% обеспеченности в створе польдера.

Аналогичные сопоставления с отметками дамбы, ограждающей польдер со стороны оз.Кугурлуй, показали, что уровень воды 75% обеспеченности не достигает минимальных отметок дамб. При уровне 50% обеспеченности возможны переливы через дамбу лишь в отдельных точках. При 25% обеспеченности максимального уровня переливы через кугурлуйскую дамбу могли бы иметь место на отдельных участках общей протяженностью 20%-25% от ее длины. А для уровня 10% обеспеченности кугурлуйская дамба уже не являлась бы препятствием и переливы с глубиной воды над дамбой 20-30 см были бы повсеместными. Таким образом, сопоставление максимальных ежегодных уровней на р.Дунай в створе польдера с отметками кугурлуйской дамбы и с опасными отметками для близлежащих населенных пунктов показали, что создание в дунайской дамбе нерегулируемых сооружений невозможно.

Сроки и продолжительность затопления польдера применительно к различным биотопам

Во второй половине XX века началось тотальное обвалование поймы в украинской части дельты Дуная. При обваловании, преимущественно, происходило разрушение пойменно-лугового биотопа, что стало причиной существенного сокращения площадей естественных нерестилищ и кормовых угодий в Придунайском регионе. Поэтому при восстановлении ВБУ на польдере целесообразно ориентироваться именно на пойменно-луговые типы биотопов, что не только повысит биоразнообразие рассматриваемого участка, но также увеличит экологическую емкость сопредельных территорий – Рамсарских угодий озер Кугурлуй и Картал. Кроме того, при восстановлении ВБУ на польдере предполагается существенное расширение тростникового биотопа и биотопа погруженной водной растительности, а также увеличение площади занимаемой древесными и кустарниковыми биотопами.

Для определения потребности лугового биотопа в воде, в настоящей работе были использованы метод экспертных оценок и метод аналогий. Они позволили определить оптимальные параметры (сроки, уровень и продолжительность) затопления польдера для восстановления на его территории пойменно-луговой растительности. Примерами (аналогами) условий, восстанавливаемых в польдере для развития луговой

растительности, были приняты: 1) режим орошения культурных пастбищ; 2) естественные затопляемые речные поймы; 3) лиманное орошение.

При построении диспетчерского графика изменения уровня воды в польдере учитывались биологические требования луговой растительности к температурному режиму воды и воздуха, а также время, необходимое для влагозарядки почв.

Анализ условий существования пойменно-луговой растительности показал, что оптимальный режим будет устанавливаться при начале затопления в конце марта – начале апреля. Рекомендуемая продолжительность стояния воды составляет 15-20 суток, что соответствует рекомендациям по затоплению лугов при лиманном орошении [4].

Сопоставление условий развития характерных биотопов, с гидрологическими условиями и требованиями защиты населенных пунктов на сопредельной территории от затопления показали, что при восстановлении ВБУ на польдере будут формироваться шесть основных типов биотопов:

- 1) биотоп погруженной и плавающей высшей водной растительности;
- 2) биотоп полупогруженной высшей водной растительности;
- 3) биотоп сырых, низкопойменных, низинных лугов;
- 4) биотоп среднепойменных или средних лугов;
- 5) биотоп высокопойменных, верховых лугов;
- 6) биотоп древесно-кустарниковой растительности дамб и прирусловых валов.

В глубоких каналах, протяженность которых превышает 20 км, предполагается развитие только водной растительности.

Необходимо отметить, что на участках с одинаковыми показателями поемности в зависимости от типа и интенсивности землепользования (выпас, сенокошение, заготовка древесины и т.п.) могут формироваться разные типы биотопов.

Сроки и продолжительность затопления польдера применительно к различным классам животных

Животный мир территории польдера до его строительства отличался высоким разнообразием видов. Этому способствовала высокая мозаичность ландшафта, наличие обширных кормовых угодий и изолированных территорий, пригодных для размножения. Анализ

видового состава фауны польдера показал, что в настоящее время он значительно беднее видового состава сопредельных территорий дельты Дуная, что связано, в первую очередь, с прекращением периодического затопления его территории.

Из 71 вида насекомых, зарегистрированных на польдере, 51 вид приурочен к водным и околоводным биотопами. То есть, расширение этих типов биотопов при воссоздании ВБУ скажется позитивно на числе и видовом разнообразии энтомофауны польдера.

Ихтиокомплекс дренажных каналов и локальных депрессий на польдере после воссоздания гидрологического режима будет в значительной мере соответствовать видовому составу рыб озера Кугурлуй. К уже обитающим на польдере 6-ти видам рыб прибавятся еще около 10-15 лимнофильных видов. Одним из основных лимитирующих факторов, связанных с гидрологическим режимом, для большинства из этих видов является сохранение стабильного уровня воды в период нереста и инкубации икры.

Анализ температурных условий в период нереста фитофильных¹ видов рыб на сопредельных польдеру территориях (табл. 1) показал, что единственным видом, чей массовый нерест проходит при температуре менее 10⁰С, является щука. В зависимости от температуры воды период инкубации щучьей икры длится 8-12 суток. Выклюнувшиеся личинки прячутся на нерестилищах среди растительности. По мере рассасывания желточного мешка (3 суток) и появления потребности во внешней пище молодь щуки переходит к одиночному образу жизни и питается мелкими беспозвоночными [1]. Весь период воспроизводства щуки, начиная с нереста и заканчивая началом самостоятельного питания ее молоди, укладывается в 4-5 недель и завершается с достижением температуры воды 10⁰С [1].

Остальные виды фитофильных рыб можно разделить на две группы. К первой группе относятся преимущественно хищные рыбы – окунь, судак, а также плотва (эврифаг) – массовый нерест которых происходит при температуре воды от 10 до 15⁰С (третья декада апреля – третья декада мая). Вторая группа представлена преимущественно карповыми (сазан, карась серебряный, карась золотой, красноперка, линь, лещ и т.д.). Массовый нерест этих видов наступает при температуре 15⁰С и выше (с конца мая по июнь включительно). В зависимости от внешних условий,

¹ Фитофилы – рыбы откладывающие икру на листья вегетирующих растений.

некоторые из вышеперечисленных видов рыб (сазан, караси золотой и серебряный) мечут икру порционно несколько раз за весенне-летний период.

Таблица 1

Характеристики нереста и инкубации наиболее распространенных видов рыб озер Кугурлуй и Картал [1]

Вид	Температура воды при массовом нересте, С°	Месяц	Инкубационный период, сут
Красноперка	выше 18	апрель-июнь	3-5
Щука	4-8	март-апрель	8-12
Карась серебряный	выше 15	май-июль	5-6
Карась золотой	выше 15	май-июль	5-6
Линь	19-20	май	3-4
Плотва (тарань)	12-14	апрель-май	10-14
Сазан	выше 14	конец апреля-июнь	3-6
Судак	12-15	апрель-май	5-10
Окунь	10-14	апрель-май	6-12
Густера	16-17	апрель-май	4-6
Лещ	15-17	апрель-май	4-6

Таким образом, основываясь на температурных условиях необходимых для нереста и инкубации экологической группы фитофильных рыб, которые предположительно будут составлять основу ихтиофауны польдера, можно сделать вывод, что для обеспечения стабильных условий для нереста и сохранения икры и личинок вышеупомянутых видов рыб необходимо:

- начинать затопление польдера с началом весеннего половодья на Дунае (март);
- после затопления территории польдера до максимальных отметок, поддерживать установившийся уровень в течение нескольких недель;
- избегать существенных понижений уровня воды в польдере при достижении температуры воды 4⁰С и до 10⁰С (с третьей декады марта по вторую декаду апреля);
- избегать существенных понижений уровня воды в польдере при достижении температуры воды выше 10⁰С (с конца апреля по июнь)

Для избежания массовых заморов рыбы в зимний период вследствие промерзания водоемов надо либо поддерживать на польдере достаточно высокий уровень (порядка 1,5 м БС), либо до наступления ледовых явлений сбрасывать воду из дренажных каналов в Дунай.

Параметры гидрологического режима, необходимые для обитания амфибий, населяющих сопредельные к польдеру территории (акватории), в целом соответствуют параметрам для всего ихтиокомплекса [1].

Герпетофауна польдера представлена 4-мя видами пресмыкающихся (черепаха болотная *Emys orbicularis*, уж обыкновенный *Natrix natrix*, уж водяной *Natrix tessellata*, прыткая ящерица *Lacerta agilis*). Первые три вида являются типичными представителями пойменных биотопов и обладают высокой пластичностью к изменениям гидрологического режима. При обзоре литературы особых требований к срокам наступления и продолжительности затопления, необходимых для обитания этих видов, выявить не удалось. Периодическое затопление территории, по всей видимости, не скажется негативно на численности прыткой ящерицы, т.к. представители этого вида смогут пережить периоды высокой воды на дамбах обвалования.

Для повышения видового разнообразия и численного многообразия птиц затопление польдера должно быть непрерывным и стабильным. Наиболее привлекателен для поддержания видового разнообразия птиц вариант двухэтапного спуска воды из польдера. Первый этап осуществляется после 3-4-х недельного стояния максимального уровня воды до отметок 2,8–3,0 мБС. За время затопления на обширных мелководьях сформируется обильная кормовая база, которая станет доступной для птиц после освобождения лугов от паводочных вод. Второй этап спуска воды целесообразно осуществить во второй половине июня. Это позволит избежать разрушения кладок многих видов птиц водно-болотного комплекса польдера. К этому времени их птенцы свободно перемещаются (плавают или бегают) и могут легко приспособляться к изменению уровня воды в польдере.

При различной обводненности участков польдера крупные млекопитающие найдут свои станции дневок и/или ночевок. Поддержание пойменных лугов на польдере в сочетании с расширением площадей занятых древесно-кустарниковой растительностью и тростниковыми сообществами обеспечит максимальное видовое разнообразие животных.

Такие периодически обводняемые территории особенно привлекательны для кабана, косули, европейской норки, выдры.

Предлагаемый тип землепользования

Восстановление на польдере ВБУ пойменного типа принесет дополнительные варианты использования территории (экотуризм, любительская охота и рыбная ловля) при сохранении устойчивых форм сельскохозяйственного использования.

Основными факторами повышения рентабельности хозяйственной деятельности станут: 1) низкзатратные (без применения электроэнергии) методы полива территории (лиманное орошение); 2) использование природных возобновляемых ресурсов поймы (заготовка сена, сезонный выпас скота на высокопродуктивных заливных лугах). Контролируемый выпас лошадей и крупного рогатого скота будет сдерживать рост травостоя и формировать кочкарные заболоченные луга, способствуя повышению мозаичности ландшафта и росту биоразнообразия.

Как было показано выше, восстановление на территории польдера пойменных лугов приведет к увеличению видового разнообразия и численности многих видов животных, в том числе и промысловых (кабана, косули, ондатры, утки, гуся и т.д.). Воссоздание прямой связи с Дунаем и Кугурлуем увеличит разнообразие и общую биомассу ихтиофауны дренажных каналов, создавая тем самым возможность развития любительского рыболовства.

Доступность и высокое ландшафтное разнообразие территории, повышение численности оседлых и перелетных птиц обеспечат хорошие условия для наблюдения за птицами и развития экотуризма в целом.

К основным факторам, лимитирующим эффективное устойчивое использование территории польдера озера Кугурлуй, относятся следующие:

- заболачивание территории;
- вымокание и деградация лугов;
- зарастание тростником;
- доступность территории для местных жителей и туристов (включая рыбаков и охотников).

Требования к гидрологическому режиму, призванные предупредить заболачивание территории, деградацию луговой растительности и зарастание большей части польдера тростником, полностью согласуются с

представленными выше требованиями к условиям обводнения территории для восстановления пойменных лугов.

Для обеспечения легкого доступа местных жителей к лугам, а туристов к демонстрационным участкам, необходимо при восстановлении гидравлической связи польдера с Дунаем и Кугурлуем сохранить возможность перемещения людей и транспорта по противопаводковым дамбам, окружающим польдер. Для этого необходимо предусмотреть строительство мостовых переходов через прораны в дамбах.

Сопоставление граничных условий и выбор типа восстановления

Для обеспечения комплексного подхода к восстановлению ВБУ на польдере оз.Кугурлуй и выбора оптимального в современных условиях типа восстановления были сопоставлены граничные условия с требованиями оптимального функционирования биотопов. Оптимальные гидрологические условия для восстановления пойменных экосистем и организации комплексного устойчивого использования ресурсов польдера выглядят следующим образом:

- затопление начинается в феврале-марте с подъемом уровня воды в Дунае и ведется до максимально возможных отметок (3.5-4 м БС);
- продолжительность стояния воды составляет 15-20 дней;
- сброс в два этапа: 1) до 2,5-2,8 м БС, продолжительность стояния – 50-60 дней; 2) до 1,5-2,0 м БС с поддержанием этого уровня в зимний период;
- в летне-осенний период желательны промывки дренажных каналов.

Диспетчерский график, характеризующий оптимальные гидрологические условия в польдере показан на рис. 4.

Как было показано выше, из-за превышения максимальных уровней воды над уровнем кугурлуйской дамбы польдера соединение его с Дунаем нерегулируемыми водопропускными сооружениями невозможно. То есть, по соображениям сохранения системы противопаводковой защиты населенных пунктов, различных коммуникаций и сельскохозяйственных территорий, проблему восстановления ключевого экологического процесса для территории польдера простым созданием проранов, а также полным или частичным удалением противопаводковых дамб со стороны Дуная нельзя.

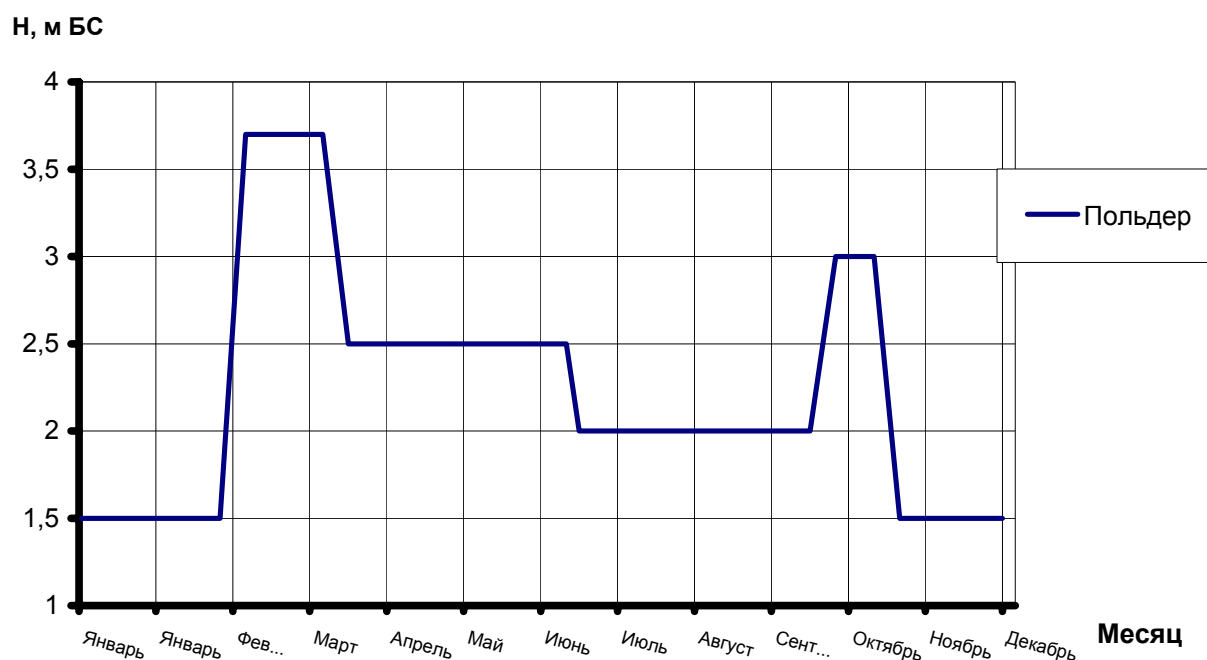


Рис. 4. Диспетчерский график, характеризующий оптимальные гидрологические условия в польдере

Создание нерегулируемых сооружений в дамбе со стороны оз.Кугурлуй невозможно по экологическим соображениям. Зарегулирование Придунайских озер привело к сокращению амплитуды сезонных колебаний и поддержанию стабильного относительно высокого (2,8–3,0 м БС) уровня воды в летний период. То есть, при создании прямой нерегулируемой гидрологической связи польдера с озером Кугурлуй существует опасность заболачивания с последующим образованием на рассматриваемой территории обширных монодоминантных зарослей тростника. Это приведет к снижению общего биологического разнообразия и, как следствие, понизит интерес к этому участку дельты Дуная со стороны туристов. Сделает невозможным либо нерентабельным выращивание на польдере сельскохозяйственных культур и использование большей его части в качестве сенокосов и пастбищ.

Таким образом, основываясь на понятийном аппарате, предложенном в [3], и на изложенных выше ограничениях по „раздамбованию” противопаводковых дамб, восстановление ВБУ на польдере озера Кугурлуй можно охарактеризовать, как воссоздание ключевого процесса (гидрологического режима) с применением регулирующих гидротехнических сооружений – шлюзов.

* *

Описано модель відтворення ключових гідроекологічних процесів на обвалованих територіях та граничні умови відновлення екосистеми водно-болотного угіддя на польдері, розташованому між р. Дунай і оз. Кугурлуй. Представлено оптимальний режим обводнення польдера.

* *

1. Гани М.И. Рыбы, земноводные, пресмыкающиеся. Сер. “Животный мир Молдавии”. – Кишинев, 1981 – 224 с.
2. Дьяков О.А. Моделирование ключевых гидро-экологических условий при восстановлении экосистем водно-болотных угодий на одамбованных территориях // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: Сб. научн. трудов XI междунар. научно-техн. конф.: В 4-х т. // УГНИИ “УкрВОДГЕО”. – Т. 4. – ЧП Тиверская, 2003. – С. 805-807.
3. Дьяков О.А. Реставрация, воссоздание и реабилитация ветландов. Методология восстановления // Міжвід. наук. зб. України „Метеорологія, кліматологія та гідрологія”. – Одеса, 2002. – Вип. 46. – С. 245-249.
4. Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1981.
5. Моисеев Н.Н. Число и мысль: Сборник. – М.: Знание, 1982. - Вип. 5. - 176с.
6. Никифоров Я.Д., Дьякону К. Гидрология устьевой области Дуная. – М: Гидрометиздат, 1963 – 383 с.
7. Соколов Ю.Н., Дьяков О.А., Ряхина Ю.Е. Параметрична характеристика ландшафтної різноманітності на прикладі обвалованої ділянки на р. Дунай // Зб. всеукр. студент. наук. конф. “Екологічні проблеми регіонів України”. – Одеса: ОЦНТЭИ, 1999 – 38 с.
8. Страшкраба М., Гнаука А. Пресноводные экосистемы. Математическое моделирование: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 376 с.
9. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. – Киев: Генеза, 1997. – 640 с.

*Одесский государственный
экологический университет*