

На стадии устойчивого зарастания в речных водохранилищах происходит зарастание ложа по схеме с формированием характерных участков (фрагментарного, сплошного и сплошного зарастания), характеризующихся четко выраженными типами поясности растительных группировок (типами поясности), отражающих временную пространственную дифференциацию высшей водной растительности.

Современная роль искусственных водоемов в формировании природных антропогенных ландшафтов существенно велика. Только за счет создания водохранилищ озёрность территории Беларуси увеличилась почти в 2 раза и приблизилась к 2 %. В круг водохранилищ создаются новые природные ландшафты, которые порой являются доминирующими.

Выявленные закономерности формирования малых речных водохранилищ освещаются на многолетних исследованиях различных внутриводоемных процессов в условиях Беларуси. Как наиболее общие закономерности, их следует рассматривать как законы становления, формирования и развития искусственного водоема. Их роль существенно важна для практики строительства и эксплуатации, так как они определяют скорость необратимых процессов, протекающих в пределах их акватории, и верхнего бьефа, и определяют сроки наиболее эффективного использования их природно-ресурсного потенциала. Игнорирование процессов заиления и зарастания малых водохранилищ отрицательно сказывается на эксплуатационных характеристиках и сроках эффективного использования.

Приведенные материалы свидетельствуют о необходимости учета уже на стадии проектирования водохранилищ не только абиотических, но и биотических факторов выработки необходимых регламентирующих документов для проектантов. Это возможно достигнуть в союзе гидротехников, инженеров-проектировщиков и природоведов путем создания необходимой регламентирующей документации. В этом направлении кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии ведутся необходимые исследования, выработаны нормативные документы по созданию озерных водохранилищ и прогнозированию процесса зарастания ложа речных.

УДК 631.432:626.86

С.К. МАТУС

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина

РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОДОРЕГУЛИРОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНО-ЛАНДШАФТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ПО МОДУЛЬНОМУ ПРИНЦИПУ

The evaluation of the level of priority and impact of climate, terrain-tion and technolofactors on the conditions of formation of the water regime of productivity and drained land showed that the relief factor significantly prevails over the climatic factors and land reclamation

Введение. Сложность изучения формирования водного режима осушаемых земель обусловлена тем, что в природе под влиянием различных факторов происходит наложение временной изменчивости влажности и уровня грунтовых вод (УГВ) пространственную, существенно затрудняющее оценку того или иного вклада изменчивости в общую дисперсию влагосодержания. Задача намного усложняется, когда мы имеем дело с территориями, на которых выполняется регулирование водного режима. В этом случае на естественную изменчивость влажности почвы накладываем

огочисленные дополнительные факторы, характеризующиеся, как правило, сильно стационарным режимом (испарение, инфильтрация, перераспределение влажности почвы и уровня грунтовых вод под влиянием рельефа и др.) и плохо поддающиеся ему. Многие из этих факторов коррелируют друг с другом, однако эта взаимозависимость также непостоянна во времени и пространстве. Все это снижает точность и фактивность оперативного управления водорегулированием на осушаемых землях. Самым не позволяющим реализовать современные принципы аграрного производства заключающаяся в реализации точного земледелия.

В связи с вышеизложенным, следует отметить, что наибольшую динамичность влажности, соответственно и уровня грунтовых вод, наряду с климатическими условиями, определяет неравномерность рельефа осушаемых массивов. Г.И. Афанасик [1] одним из первых заговорил про большую динамичность УГВ по всей площади системы. В понижениях местности может иметь место выход грунтовых вод на дневную поверхность, а в повышениях глубина залегания грунтовых вод значительно превышает норму осушения. Большая амплитуда колебаний уровней воды ведет к чрезмерному иссушению и переувлажнению почвы, что негативно влияет на урожай. Такие условия формирования рельефа требуют проектирования дополнительных гидротехнических сооружений, которые, в свою очередь, увеличивают стоимость мелиоративной системы, но не всегда от возможности достичь поставленной цели. Анализ существующих объектов показывает, что уже при уклоне 0,002 не обеспечивается необходимый уровень влагообеспеченности сельскохозяйственных культур при применении предупредительного и увлажняющего шлюзования на значительной части осушаемых земель.

Очевидно, что нужно проводить оценку неравномерности рельефа осушаемых массивов, которая, в свою очередь, влияет на формирование неравномерности водно-режима осушаемых земель.

Следовательно, на основе вышеприведенных особенностей формирования водно-режима следует выделять площади осушаемого массива, на которых мелиоративная система будет эффективно работать в режиме осушения, предупредительного шлюзования или подпочвенного увлажнения. В связи с этим, к эффективно регулируемой следует относить только ту площадь, где реально возможно повлиять на водный режим почвы изменением уровней грунтовых вод.

Примером наилучшей реализации такого подхода является оценка работы осушительно-увлажнительной системы на основе *природно-ландшафтной дифференциации рритории по модульному принципу управления*. При этом вся площадь системы делится на участки, так называемые модули, характеризующиеся минимальными изменениями по рельефу, в соответствии с расположением регулирующих сооружений и возможностью автономного управления уровнями грунтовых вод.

Согласно [2], главными критериями, определяющими площадь автономных модулей, являются уклон поверхности земли и равномерность поддержания заданного уровня грунтовых вод, минимизация количества регулируемых сооружений и длины дренаж-коллекторной сети.

Северо-западный регион Украины характеризуется, в основном, избыточным увлажнением и требует, по климатическим условиям в определенных допустимых пределах, осушения [3]. Осушению подлежат далеко не все массивы сельскохозяйственных угодий, а только те, которые в силу естественного географического положения (плота, заводи рек, естественные понижения, и т.п.) являются непригодными или малопригодными для выращивания сельскохозяйственных культур без осушения.

Создание необходимого водно-воздушного режима на осушаемых землях достигается, в первую очередь, активным водорегулированием, улучшением водных физических свойств почвы. На выбор способа водорегулирования определяющее влияние оказывают: природно-климатические, рельефные и грунтово-мелиоративные условия; виды и структура посевов сельскохозяйственных культур; тип, конструкция ГМС, ее водообеспеченность и т. п.

Согласно исследованиям А.Н. Рокочинского [3], представлены способы водорегулирования осушаемых земель по принципу их действия, влияния на режим влажности почвы и уровня грунтовых вод, а также основными техническими характеристиками и параметрами (нормами осушения, элементами техники увлажнения), схематизированы и представлены в виде совокупности $S = \{s\}$, $s = \overline{1, n_s}$ ($n_s = 6$): осушение, $s = 1$; предупредительное шлюзование, $s = 2$; непрерывное увлажнительное шлюзование длительным подпором уровней воды, $s = 3$; периодическое увлажнительное шлюзование (циклическое подпочвенное увлажнение), $s = 4$; орошение дождей на фоне осушения, $s = 5$; орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования, $s = 6$.

Основная часть. С учетом особенности формирования водного режима и водорегулирования осушаемых земель была выполнена схематизация природно-климатических, рельефных и мелиоративных условий формирования водного режима почв на исследуемом объекте с последующей статистической обработкой исследуемых показателей общепринятыми методами с целью определения средних значений (\bar{X}), размаха варьирования ($X_{\min} \dots X_{\max}$), дисперсии или стандартного отклонения (S_x), доверительного интервала ($t_{0,5} \cdot S_x$) и ошибки выборочных средних (S_x).

Для оценки изменения водного режима осушаемых земель под воздействием климатических, рельефных и технологических факторов был использован многомерный статистический анализ. Получена сравнительная характеристика влияния рельефа местности на формирование режимов УГВ (H_g , м), влажности (wh , % ПВ – в полевой влагоемкости) и урожая многолетних трав (сено) (Y_t , ц/га) по материалам многолетних наблюдений на двух участках системы (№ 2 и № 12), разделенных по рассмотренным схемам относительно климатических условий периодов вегетации

$p = \overline{1, n_p}$, а также исследуемых способов водорегулирования осушаемых земель $s = \overline{1, n_s}$ ($n_s = 3$), (табл. 1, 2).

Опытные участки были выбраны на осушительно-увлажнительной системе (ОУ) Сарненской научно-опытной станции Института водных проблем и мелиорации НАН Украины.

Участки № 2 и № 12 имеют общую площадь 3,36 и 12 га с гончарным дренажем. Дрены заложены длиной 150, 180 м с уклоном 0,002. Глубина заложения дренажа в среднем 1,0 м.

Участок № 2, при площади в несколько гектаров, отличается незначительными колебаниями отметок поверхности (в основном в пределах 0,1...0,3 м) и принят эталонный (рис. 1).

Участок № 12 представлен более значительными перепадами по рельефу (отметки по поверхности изменяются в пределах 0,6...0,8 м) (рис. 2, а). Данный участок

азделен на три блок-модуля (нижний – блок-модуль 1; средний – блок-модуль 2; верхний – блок-модуль 3), что позволило уменьшить перепады по поверхности поля (1,1...0,3 м) и тем самым обеспечить автономность управления водным режимом на каждом модуле с использованием автоматических регуляторов уровней воды в дренажных колодцах и каналах (рис. 2, б).

На участке № 2 и нижнем блок-модуле 1 участка № 12 грунты представлены торфяными торфами (1,5...3,0 м). Верхний блок-модуль 3 и средний блок-модуль 2 участка № 12 представлены мелкозалежными торфяниками с глубиной залегания торфа 5...1,0 м.

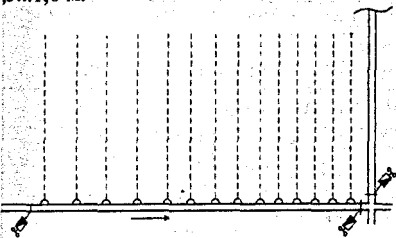


Рисунок 1 – Схема опытного участка № 2 (эталон) на ОУС Сарненской научно-опытной станции

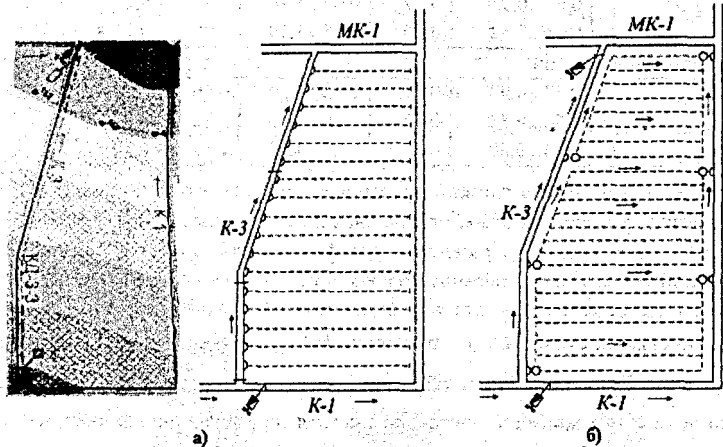


Рисунок 2 – Схемы опытного участка № 12 на ОУС Сарненской научно-опытной станции с развитым рельефом местности (а), с выровненными рельефными условиями, автономными блок-модулями (б)

Приведенные в таблицах 1, 2 данные наглядно характеризуют влияние рельефа местности на формирования водного режима осушаемых земель. Анализ данных позволяет существенное сужение диапазонов варьирования режимно-технологических параметров водорегулирования на автономных блок-модулях, что позволяет системе целом эффективно работать в режиме осушения, предупредительного шлюзования и подпочвенного увлажнения.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика влияния рельефа местности на формирование УГВ в зависимости от влагообеспеченности вегетационных периодов и технологий водорегулирования осушаемых земель

Способы водорегулирования, S	Режим УГВ (H_g), м					
	участок №2 (эталон)		участок № 12		ΔH_g , м	ΔH_g , %
	$X_{min}...X_{max}$	\bar{X}	$X_{min}...X_{max}$	\bar{X}		
1. Влажные периоды вегетации, $p = 1,2$ (2003, 2006, 2007, 2008 гг.)						
1	0,59...0,87	0,73	0,58...1,21	0,89	0,16	21,92
2	0,52...0,80	0,66	0,56...1,16	0,83	0,17	25,76
3	0,49...0,77	0,63	0,59...1,02	0,81	0,18	28,57
2. Средние по влажности периоды вегетации, $p = 3$ (2004, 2009 гг.)						
1	0,61...0,92	0,77	0,62...1,30	0,95	0,18	23,38
2	0,57...0,88	0,72	0,60...1,24	0,92	0,20	27,78
3	0,56...0,82	0,69	0,60...1,17	0,89	0,20	28,92
3. Сухие периоды вегетации, $p = 4,5$ (2002, 2005 гг.)						
1	0,65...0,98	0,82	0,66...1,38	1,02	0,20	24,40
2	0,60...0,95	0,77	0,67...1,29	0,98	0,21	27,27
3	0,58...0,82	0,70	0,65...1,19	0,92	0,22	31,42
4. Среднегодовые значения						
1	0,62...0,92	0,77	0,62...1,30	0,96	0,19	24,68
2	0,56...0,88	0,72	0,60...1,23	0,92	0,20	27,78
3	0,54...0,80	0,67	0,61...1,13	0,87	0,20	29,85

Дисперсионный анализ схематизированных природно-климатических, рельефных, мелиоративных условий на 5%-м уровне значимости показал существенность различий между вариантами участков с развитым рельефом местности и с выровненными рельефными условиями за счет автономных блок-модулей. Правомерность применения такого подхода подтверждается результатами выполненного анализа по оценке погрешности опыта, наименьших существенных разностей HCP_{05} , сопоставление фактических $F_{ф}$ теоретического F_{05} значений критериев Фишера (во всех случаях $F_{ф} > F_{05}$).

При этом прослеживается достаточно четкая дифференциация значений рассматриваемой совокупности показателей, которые отображают разные стороны условий формирования и выявления сложного природно-техногенного явления, каким является водный режим, в зависимости от способов его регулирования (технологический фактор), влагообеспеченности периодов вегетации (природно-климатический фактор) и разных рельефных условий (рельефный фактор). В связи с этим, важным и актуальным с точки зрения оценки экологической эффективности реализации гидромелиораций вообще является вопрос определения доли влияния каждого фактора на условия формирования водного режима осушаемых земель. Такая оценка выполнена нами в аналогии с методикой А.Н. Рокочинского [3].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика влияния рельефа местности на формирование УГВ в зависимости от влагообеспеченности вегетационных периодов и технологий водорегулирования осушаемых земель

Способы водорегулирования, S	Режим УГВ (Hg), м					
	участок №2 (эталон)		участок № 12, блок-модуль 1		ΔHg , м	ΔHg , %
	$X_{min} \dots X_{max}$	\bar{X}	$X_{min} \dots X_{max}$	\bar{X}		
1. Влажные периоды вегетации, $p = 1,2$ (2003, 2006, 2007, 2008 гг.)						
	0,59...0,87	0,73	0,58...0,85	0,72	0,01	1,37
	0,52...0,80	0,66	0,55...0,79	0,67	0,01	1,51
	0,49...0,77	0,63	0,55...0,76	0,66	0,03	4,76
2. Средние по влажности периоды вегетации, $p = 3$ (2004, 2009 гг.)						
	0,61...0,92	0,77	0,57...0,90	0,74	0,03	3,90
	0,57...0,88	0,72	0,60...0,89	0,75	0,03	4,17
	0,56...0,82	0,69	0,60...0,86	0,73	0,04	5,80
3. Сухие периоды вегетации, $p = 4,5$ (2002, 2005 гг.)						
	0,65...0,98	0,82	0,68...1,02	0,85	0,03	3,66
	0,60...0,95	0,77	0,65...0,97	0,81	0,04	5,19
	0,58...0,82	0,70	0,62...0,87	0,75	0,05	7,14
4. Среднегодовые значения						
	0,62...0,92	0,77	0,61...0,92	0,77	0,00	0,00
	0,56...0,88	0,72	0,60...0,88	0,74	0,02	2,78
	0,54...0,80	0,67	0,59...0,83	0,71	0,04	5,97

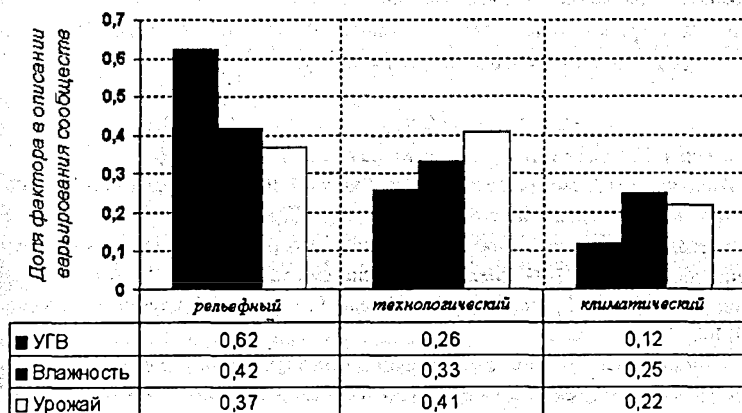


Рисунок 3 – Диаграмма оценки уровня и приоритетности влияния климатического, рельефного и технологического факторов на условия формирования водного режима и продуктивности осушаемых земель

Объективность полученных результатов была рассмотрена через призму дисперсионного анализа на 5%-м уровне значимости для оценки существенности различий между значениями долей влияния климатических, рельефных и технологических факторов. Итоговые результаты оценки уровня и приоритетности влияния каждого факторов на условия формирования водного режима и продуктивности осушаемых земель показаны на диаграмме (рис. 3).

Заключение. Полученные данные убедительно свидетельствуют, что неравномерность рельефа осушаемых массивов существенно влияет на формирование неравномерности водного режима осушаемых земель. Тем самым определяет необходимость деления территории системы на автономные блок-модули. Автономное управление водным режимом на каждом участке, с использованием автоматических регуляторов уровней воды в дренажных колодцах и каналах, позволила существенно уменьшить диапазоны варьирования режимно-технологических параметров в пределах каждого модуля.

Проведенная оценка уровня и приоритетности влияния климатического, рельефного и технологического факторов на условия формирования водного режима и продуктивности осушаемых земель показала, что рельефный фактор значительно преобладает над климатическим и мелиоративным факторами. Его доля в описании варьирования сообществ изменяется от 0,37 до 0,62. При этом уменьшение доли влияния рельефного фактора на водный режим напрямую зависит от уменьшения неравномерности рельефа осушаемых массивов за счет реализации модульного принципа управления. Этот принцип обеспечивает рациональное использование дренажного стока, автономное управление водным режимом на каждом отдельном модуле и отвечает современным требованиям земледельцев, что создает необходимые предпосылки для реализации точного земледелия на осушаемых землях.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Афанасик, Г.И. Оперативное регулирование водного режима торфяных почв / Г.И. Афанасик, Пятницкий В.Н., Гончарик В.М., Судас А.С. // Сб. научных трудов Конструкции и методы расчёта мелиоративных систем. – Минск, 1985. – С. 59–63.
2. Рекомендації з проектування осушувально-зволожувальних систем модульного типу. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» / П. Коваленко, М. Яценко, Б. Чалий, О.Тищенко, Л. Ворошнова, Н. Мозоль, Г. Воропай, Н. Стасюк, О. Дробот. – Київ: УкрНІГІМ, 2010. – 34 с.
3. Рокочинський, А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушувальних земель на еколого-економічних засадах: монографія / За ред. академіка УААН М.І. Машенка – Рівне: НУВГП, 2010. – 351 с.