

УДК 631.671: 631.43: 556.01

Доктор техн. наук

Доктор техн. наук

Канд техн. наук

Ж.С. Мустафаев \*

А.Т. Козыкеева \*\*

Г.Е. Жидекулова \*\*

П.Е. Есенгельдиева \*\*

**ПРИКЛАДНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОГО  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРОАГРОЛАНДШАФТОВ***ЗАКОН, ПРИРОДА, МОДЕЛЬ, ЛАНДШАФТ, АГРОЛАНДШАФТ,  
ЭКОЛОГИЯ, СИСТЕМА, УСТОЙЧИВОСТЬ*

*На основе законов и принципов природы разработана структурно-логическая модель оценки деятельности ландшафтов – агроландшафтов – гидроагроландшафтов, обеспечивающих экологическую устойчивость природной системы.*

Современное развитие сельскохозяйственного производства требует оптимизации структуры землепользования, исторически сложившегося в процессе хозяйственного освоения и преобразования ландшафтов, создания и сохранения оптимального ландшафтно-экологического баланса, предусматривающего максимальный учет и сохранение естественных ресурсов. Для реализации этих задач необходимы обоснованные и своевременные управленческие решения, основывающиеся на результатах региональных агроландшафтных исследований.

Современный агроландшафт формируется, в большей степени, под воздействием хозяйственной деятельности, но сохраняет основные черты природного ландшафта. Эта двойственность определяет его современные формирующие элементы – с одной стороны природные компоненты (почва, рельеф и гидрографическая сеть, вода, воздух и микроклимат, растительность и животный мир), с другой – элементы системы земледелия и организации территории (земельные угодья, севообороты, агротехнологии, почвозащитные и гидротехнические сооружения и др.).

**Цель работы** – разработка структурно-логической модели на основе ландшафтно-экологического подхода для конструирования высоко-

---

\* Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы

\*\* Таразский ГУ им. М.Х. Дулати

продуктивных гидроагrolандшафтов, для оптимизации ресурсного потенциала природной системы в области природопользования и природообустройства.

**Теоретической и методологической основой работы** является системный подход к ландшафтно-экологическому исследованию природно-социально-производственных систем, а также система общих принципов и общенаучных подходов – комплексного и интегрального, общенаучных и специальных методов математического, статистического, графического, корреляционно-регрессионного анализа. В качестве сквозных направлений использован метод логико-математического моделирования.

**Результаты исследования.** Научные предпосылки формирования высокопродуктивных агроландшафтов согласно современному представлению, агроландшафт выполняет средообразующие, ресурсосодержащие и ресурсовоспроизводящие функции [3]. Мерой возможного выполнения агроландшафтом этих функций является природно-ресурсный потенциал, частными составляющими которого являются: климатический и биологический. Агроландшафт как многоструктурная система представлена геологической, геохимической, экологической и биотической структурами. Взаимодействие этих структур обеспечивает реализацию ресурсовоспроизводящей функции агроландшафта на основе законов сохранения вещества, энергии, количества движения.

В качестве яркого примера такой трансформации отношений обратим внимание на дрейф понятия «ландшафт» – основополагающего в эмпирическом крыле физической географии, и произведенных понятий «агроландшафт», «антропогенные ландшафты» и «культурные ландшафты» [5]. За последние годы, из достаточно однозначного понятия об определенном уровне географической оболочки, оно трансформировалось во множество интерпретационных, преимущественно эстетических категорий, которые не противоречат введению понятия «гидроагrolандшафт», вытекающего из выполняемой технологической деятельности на орошаемых землях, в процессе возделывания сельскохозяйственных культур вместо естественного растительного сообщества, так как нет сложных форм симметрии, достаточных для определения земных объектов [7, 9, 10]. Все они вычлняются предметно, если ландшафтоведение осознает соответствующие познавательные конструкции – научный объект и научный предмет (рис. 1).

Как видно на рис. 1, чем больше природный ландшафт преобразован человеком, тем больше дополнительных элементов входит в его

структуру, т.е., тем больше требуется дополнительной энергии для сохранения его устойчивости и продуктивности. Изменение структуры ландшафтов происходит в результате антропогенной деятельности по направлению: «воздействие – изменение – последствие».

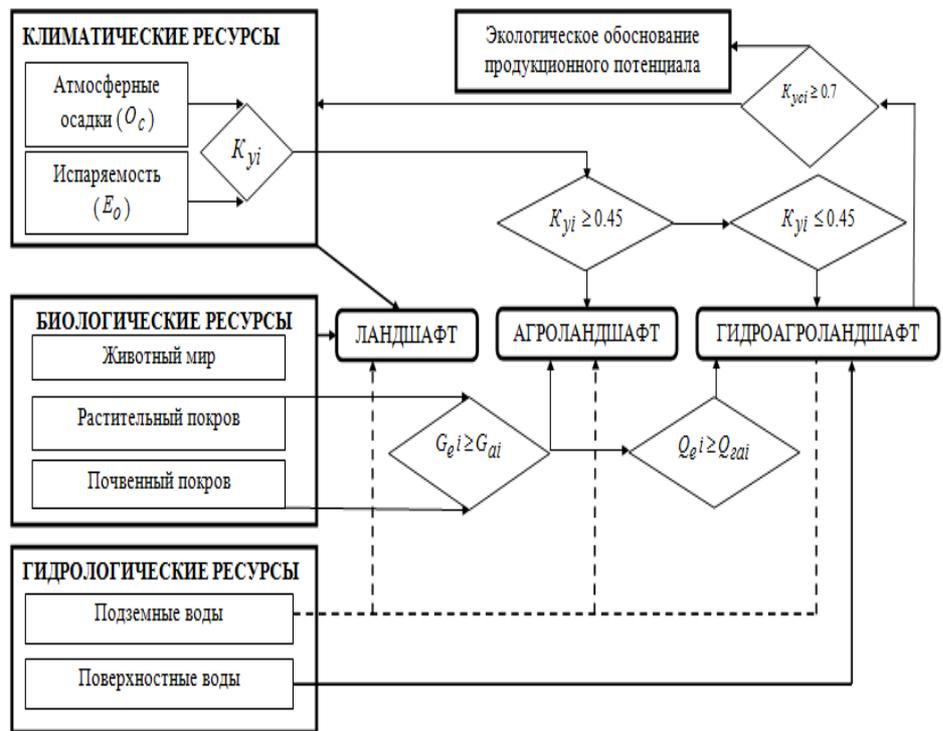


Рис. 1. Структурно-логическая модель функционирования ландшафтов – агроландшафтов – гидроагроландшафтов ( $G_e$  – содержание гумуса в почве в естественных условиях;  $G_{ai}$  – содержание гумуса в почве в агроландшафтных и гидроагроландшафтных системах;  $G_{ei}$  – затраты энергии на почвообразование в естественных условиях;  $Q_{ai}$  – затраты энергии на почвообразование в агроландшафтных и гидроагроландшафтных системах).

Особое внимание сконцентрировано на ресурсовоспроизводящих функциях агроландшафта и гидроагроландшафта, на воздействие определяющих факторов при анализе ситуации и прогнозе. Изменения рассматривают как отклики на воздействия, как средство по выявлению характера и особенностей воздействия. Предел воздействия должен обеспечивать саморегуляцию и природосберегающее антропогенное управление агроландшафтом и гидроагроландшафтом.

При этом структурно-логическая модель функционирования ландшафтов-агроландшафтов-гидроагроландшафтов представлена в виде блочной структуры, которая содержит три блока:

- климатические ресурсы. Характеризуются атмосферными осадками и испаряемостью и их соотношение является показателем естественной влагообеспеченности почвенного и растительного покрова ландшафтных систем;

- биологические ресурсы. Характеризуются почвенными и растительными покровами, а также животным миром, представляющим видовое разнообразие;

- гидрологические ресурсы. Представлены поверхностными и подземными водами, т.е. подземные (грунтовые) воды являются дополнительными естественными ресурсами повышения влагообеспеченности почвенного и растительного покрова.

Таким образом, климатические, биологические и гидрологические ресурсы и их совокупность представляют информационно-аналитическую базу определяющую инфраструктуру функционирования системы «ландшафт – агроландшафт – гидроагроландшафт».

С этой точки зрения, три уровня понимания пространственного аспекта системы «ландшафт – агроландшафт – гидроагроландшафт», ландшафтоведение представляется важным для сельского хозяйства, в том числе мелиорации сельскохозяйственных земель:

- ландшафт, это генетически однородный территориальный комплекс, сложившийся в свойственных только ему условиях, который включает в себя: единую материнскую основу, геологический фундамент, рельеф, гидрографические особенности, почвенный покров, климатические условия и единый биоценоз;

- агроландшафт – это генетически однородный территориальный комплекс, естественная растительность которого, на подавляющей его части заменена сельскохозяйственными культурами, развитие которых обеспечено естественными природными ресурсами;

- гидроагроландшафт – это генетически однородный территориальный комплекс, где естественная растительность, на подавляющей части территории, заменена орошаемыми сельскохозяйственными культурами, развитие которых обеспечено техногенными ресурсами.

В гидроагроландшафтных системах, при мелиорации сельскохозяйственных земель, в активный биогеохимический круговорот поступают ог-

ромные массы химических соединений в процессе водоподачи и испарения влаги из почвы. Их дальнейшая судьба определяется параметрами среды, в которую они поступают, т.е. в зависимости от ландшафтно-геохимических условий орошаемых земель, происходит рассеяние или локализация веществ в природных и техногенных системах. Результатом такой локализации часто является аккумуляция солей в почве.

Функционирование «ландшафтов – агроландшафтов – гидроагроландшафтов» предполагает наличие постоянного природного и периодического антропогенного воздействия, т.е. агротехнического и мелиоративного, на все их природные и искусственные компоненты, которые могут быть различным по интенсивности и продолжительности. Поэтому, чтобы предотвратить возможность возникновения необратимых изменений, важно знать предельно-допустимые величины нагрузок, а также уровень устойчивости составляющих системы «агроландшафт – гидроагроландшафт» к антропогенному или техногенному фактору.

Для оценки необходимости конструирования агроландшафтов и гидроагроландшафтов на первом уровне определяются коэффициент естественного увлажнения ( $K_{yi}$ ). Если коэффициент естественного увлажнения  $K_{yi} \geq 0,45$ , то можно ограничиваться конструированием агроландшафта, а если  $K_{yi} \leq 0,45$ , тогда для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур возникает необходимость конструирования гидроагроландшафта.

На втором уровне конструирования определяется экология ландшафтов, включающая продуктивность почвенного и растительного покрова, а также интенсивность и направленность гумусообразования.

На третьем уровне конструирования учитываются затраты на почвообразовательные процессы, и как следствие, повышение плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Четвертый уровень, позволяет ввести коэффициент экологической устойчивости гидроагроландшафтов, как интегрального критерия, что вызвано необходимостью учета возможных процессов, приводящих к потере энергии (плодородия) почвы при управлении и регулировании их деятельностью.

Структурные компоненты преобразованного ландшафта в результате мелиорации сельскохозяйственных земель не в одинаковой мере реагируют на антропогенную деятельность. Преобразующая деятельность

человека при недостаточной изученности природной системы может приводить и к необратимым изменениям естественного хода природных процессов, многократно ускоряя их развитие. Предпосылки для таких процессов заложены в самой структуре и природе ландшафта, которые в зависимости от возможной их реакции на антропогенные нагрузки могут быть положительными или отрицательными. Они оцениваются на основе принципа учета изменений ландшафта в результате антропогенной деятельности. На ландшафтах с положительным природно-экологическим потенциалом, после мелиорации сельскохозяйственных земель направленность почвообразовательных процессов соответствует законам эволюции, продуктивность агроценозов увеличивается и не обнаруживается нарушений функционально-компонентного и структурного равновесия. При этом следует особо отметить, что в ландшафтно-географических зонах, где вносятся изменения в гидротермический режим почв с помощью мелиорации сельскохозяйственных земель, которые не могли возникнуть естественным путем, оно будет устойчивым только при постоянном вмешательстве со стороны человека. В случае нарушения функционально-компонентного и структурного равновесия ландшафтов при антропогенном воздействии, природная среда отвергает техногенное вмешательство [8].

Следовательно, основной задачей реконструкции ландшафтных систем на гидроагроландшафтные является обеспечение перехода оптимального почвообразовательного процесса в пространственно-временных масштабах, т.е. от гидроморфного до автоморфного, путем создания условий целенаправленного управления почвообразовательным процессом в следующих системах: «лугово-болотного – лугового – лугово-сероземного – сероземно-лугового – сероземного – светло-каштанового – каштанового – темно-каштанового – черноземного».

Учитывая всё вышесказанное, за основу построения модели гидроагроландшафтных систем можно принять открытую В.В. Докучаевым связь [4]:  $P = f(Cl, O_r, r, g) \cdot t$ , где  $Cl$  – климат;  $O_r$  – организмы;  $r$  – рельеф;  $g$  – геология;  $t$  – время и влияние прошлых и современных мелиораций сельскохозяйственных земель [6] (рис. 2).

Естественно, создание и регулирование мелиоративного режима почв на орошаемых землях в комплексе формирования почвообразовательного процесса и урожая сельскохозяйственных культур имеет циклический характер. Поэтому, создание экологически устойчивой агроландшафтной системы

в техногенно нарушенных природных системах, рассматривается как динамически равновесное функционирование природных процессов, установившееся за длительный период геологического развития.

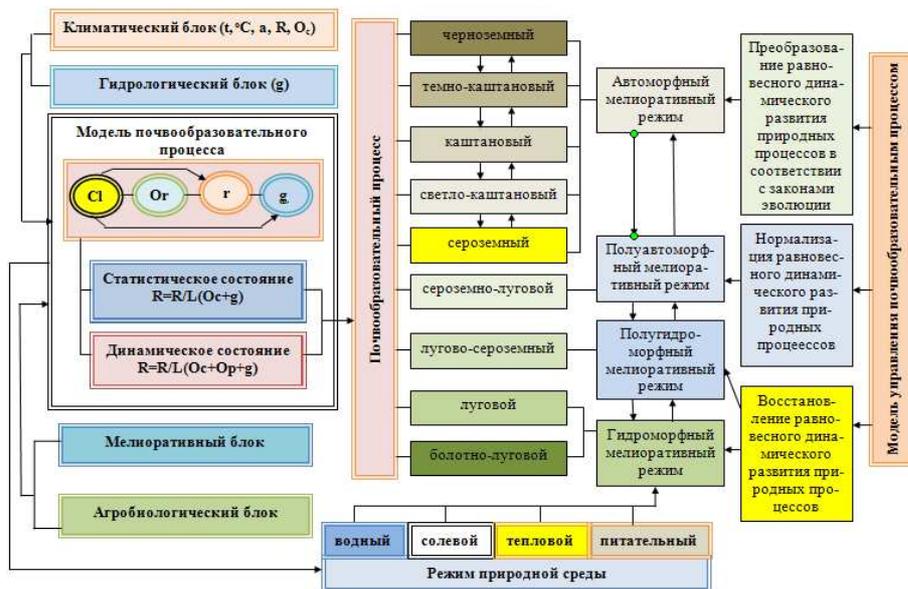


Рис. 2. Схема управления почвообразовательными процессами в гидроагроландшафтных системах.

Задача регулирования почвообразовательного процесса в гидроагроландшафтных системах – это кибернетическая задача, которая определяет ряд принципов: целостный подход; генетический; иерархической организации; выделение ключевых, интегрирующих факторов.

Последний принцип означает, что для предсказания поведения систем важно знать, как они организованы между собой и на основе этого, целесообразно выделить три периода (фазы) управления почвообразовательными процессами на орошаемых землях [8]:

- восстановление равновесных динамических природных процессов, обеспечивающих оптимальный водный режим почвы при минимальных затратах, замедляющих геологический круговорот веществ, путем ликвидации или локализации экстремального воздействия и возвращающих их к нормальному функционированию;
- нормализация равновесного динамического развития природных процессов, целью которых является обеспечение оптимального соотношения тепла и влаги на орошаемых землях, целенаправленное регулирование

почвообразовательного процесса, предотвращающее развитие негативных последствий в результате мелиоративного воздействия;

- преобразование равновесного динамического развития природных процессов в соответствии с законами эволюции, целью которых является энергетическая сбалансированность тепла, влаги и питательных веществ. С учетом природных режимов, не только регулировать направленность почвообразовательного процесса, но и научно обосновывать охрану и рациональное использование водно-земельных ресурсов.

При таком построении целесообразно выделить лимитирующие факторы, обуславливающие основные закономерности почвообразовательного процесса. Наиболее универсальной зависимостью такого рода является полученная В.Р. Волобуевым связь затрат энергии на почвообразование ( $Q$ , кДж/см<sup>3</sup>) с радиационным балансом ( $R$ , кДж/см<sup>2</sup>) и естественной тепло- и влагообеспеченностью ( $\bar{R}$ ) [2]:

$$Q = R \cdot \exp\left(-\frac{\alpha \cdot R}{L \cdot O_c}\right) = R \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где  $\alpha$  – коэффициент, равный на 0,47;  $O_c$  – годовое количество осадков, мм;  $L$  – скрытая теплота парообразования, кДж/см<sup>3</sup>.

Комплексный гидротермический показатель, т.е. «индекс сухости» по М.И. Будыко характеризует баланс энергии и вещества и определяет интенсивность протекания биохимических и геохимических процессов на Земле, определяет, в значительной степени, формирование почвенных, гидрогеологических и геохимических условий, и учитывает характер и интенсивность антропогенной деятельности [1]. Поэтому, при научном обосновании математической модели функционально-адаптивной системы формирования высокопродуктивных и устойчивых гидроагроландшафтов, можно руководствоваться законом сохранения энергии, и использовать радиационный «индекс сухости», как критерий для оценки продуктивности растений и почвы. Такая постановка должна соответствовать ряду следующих принципиальных положений:

- обеспечивать многоцелевой подход, т.е. предусматривать смену приоритетов с течением времени (максимально возможный урожай, рациональное водопользование, мелиоративное состояние орошаемых земель, экологическое равновесие, оптимальной почвообразовательный процесс);

- учитывать состояние гидроагроландшафтов во времени и пространстве при возрастании напряженности антропогенной деятельности;

- обеспечивать управление гидроагроландшафтами с учетом планирования конкретного результата, ожидание которого наиболее целесообразно с точки зрения экологической устойчивости природной системы;
- с помощью непрерывной обратной связи, определяющей направление и интенсивность почвообразовательного процесса предусматривать получение достоверной информации о состоянии гидроагроландшафтов.

В этом случае объектом воздействия сельскохозяйственной мелиорации является не система «растения – почва – поверхностные воды – грунтовые воды», а гидроагроландшафт в целом, куда компоненты входят как составные части, которые требуют разработки математического выражения этих процессов, учитывающих состояние всех подсистемы гидроагроландшафтов через качественные характеристики.

**Выводы.** Таким образом, разработанная структурно-логическая модель функционирования «гидроагроландшафтов», основанная на экологических принципах, позволяет познать природный и техногенный процессы, их интенсивность и направленность, чтобы принимать решение для обеспечения устойчивости и эффективности функционирования обменных процессов техносферных систем и математические модели функционально-адаптивной системы формирования высокопродуктивных и устойчивых гидроагроландшафтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометиздат, 1956. – 255 с.
2. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
3. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение – М.: Колос, 2005. – 216 с.
4. Докучаев В.В. Избранные труды. Под ред. академика Б.Б. Полынова. – М.: Изд-во АН СССР, 1949. – 643 с.
5. Захаренко А.В. Теоретические и технологические основы формирования высокопродуктивных гидроландшафтов // Земледелие. – 2004. – №1. – С. 16-19.
6. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука, 1973. – 447 с.
7. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования / Под ред. академика РАСХН Б.М. Кизяева. – М.: Россельхозакадемия, 2006. – 586 с.

8. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз: 2004. – 306 с.
9. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. – Тараз, 2007. – 218 с.
10. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / Под ред. д. техн. н., проф. Л.В. Кирейчевой. – М.: Изд-во ВНИИА, 2010. – 240 с.

Поступила 28.12 2015

Техн. ғылымд. докторы	Ж.С. Мұстафаев
Техн. ғылымд. докторы	Ә.Т. Қозыкеева
Техн. ғылымд. канд.	Г.Е. Жидекұлова
	П.Е. Есенгельдиева

### **ГИДРОАГРОЛАНДШАФТТАРДЫҢ ОРНЫҚТЫ ҚЫЗМЕТІН БАҒАЛАУДЫҢ ҚОЛДАНБАЛЫ ӘДІСТЕМЕСІ**

*ЗАҢ, ТАБИҒАТ, ҮЛГІ, ЛАНДШАФТ, АГРОЛАНДШАФТ,  
ГИДРОАГРОЛАНДШАФТ, ЭКОЛОГИЯ, ЖҮЙЕ, ОРЫҚТЫЛЫҚ*

*Табиғаттың заңдары және үрдістерінің негізінде табиғи жүйенің экологиялық орнықтылығын қамтамасыз ететін ландшафт-агроландшафт-гидроагроландшафттардың қызметінің құрылымдық-қонымды үлгісі құрылған.*