

УДК 333.93 (575.2) (04)

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ

**Ж.С. Мустафаев** – докт. техн. наук, профессор  
ТарГУ им. М.Х. Дулати,

**Н.И. Иванова** – канд. техн. наук,

**А.Д. Рябцев** – канд. техн. наук  
Комитет по водным ресурсам МСХ КР

**Б.Т. Райымбекова** – аспирант  
Кызылординский ГУ им. Кюркыт-Ата

---

The technique of an estimation of ecological stability and stability of agrominical landscapes is examined.

Природообустройство – особый вид деятельности, существенно расширяющий сферу мелиорации сельскохозяйственных земель, включающий использование, охрану и управление природными процессами. Объектом природообустройства являются ландшафты, представляющие собой целостные природные системы.

Историческое развитие и формирование производительной деятельности человечества показывают, что природообустройство было подготовлено всей историей взаимодействия и существования человека и природы в единственно правильном направлении – вне всяких границ: политических, экономических, экологических и социальных [1].

Соразвитие или коэволюция наук о природе и природообустройственной деятельности [2], принципы гармонического сочетания интересов человека с “интересами” природы [3], нравственности и природовоспроизводства [4] составляют основу природопользования. Наиболее значимые принципы:

➤ *целостности* природных объектов, подвергающихся обустройству или использованию, которые рассматриваются как единые геосистемы различного ранга;

- *сбалансированности* хозяйственной деятельности человека с эколого-экономическими возможностями природных систем;
- *природных аналогий*, то есть применение направлений и технологий, которые воспроизводят естественные процессы функционирования компонентов природы;
- *необходимого разнообразия* – квазиприродная система должна быть разнообразна по своему составу;
- *гармонизации круговоротов* – нахождение наилучшего сочетания антропогенного и природного круговоротов веществ и энергии;
- *предсказуемости* – проект природопользования должен опираться на долгосрочные прогнозы;
- *одновременной эффективности и безопасности*;
- *интеграции знаний* – природопользование и природообустройство должны иметь собственную научную базу;
- *нравственности*, когда человеку не бывает стыдно за свои действия;
- *комплексности природообустройства и природопользования* – создание культур-

ных ландшафтов, в которых деятельность человека оптимизирована на научной основе в интересах и человека и Природы.

При соблюдении перечисленных выше принципов должны обеспечиваться воспроизводство возобновляемых природных ресурсов (почва, биота, водные ресурсы), улучшаться экологическая обстановка и решаться социально-экономических проблемы.

В настоящее время существенная роль в решении сложных проблем в области природопользования и природообустройства отводится методологии системного исследования в сфере мелиорации и экологии [5–11]. В ее основу положены подходы, разработанные рядом авторов [12–16]. Они составляют основу комплексного обустройства агроландшафтов, позволяющих обеспечить энергетическую сбалансированность тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных режимов, которые могут быть использованы при проведении исследований по разработке адаптивно-ландшафтного земледелия при реконструкции техногенных нарушенных агроландшафтов, обеспечивающих их эколого-экономическую устойчивость и стабильность [1].

Для длительного стабильного существования агроландшафтов в составе природной системы необходимо оптимальное соотношение, по крайней мере, трех ее параметров: степени устойчивости, открытости и биоразнообразия.

Под устойчивостью природной системы понимают способность к самосохранению и саморегулированию в пределах, не превышающих определенные критические величины (допустимые пределов изменений).

При оценке устойчивости ландшафтов обычно говорят о динамике как обратимом изменении, которое происходит в рамках структуры системы. Для оценки динамики системы, характеризующей ее стабильность, достаточно использовать показатель  $K_c$ , который учитывает структуру биотических и абиотических элементов ландшафтов, их экологическую значимость [17]:

$$K_c = \sum_{i=1}^n f \cdot k_1 \cdot k_2,$$

где  $f$  – площади биотических и абиотических элементов, входящих в состав ландшафта, в долях от общей площади системы;  $k_1$  – относительная экологическая значимость отдельного элемента [18];  $k_2$  – коэффициент геолого-морфологической устойчивости рельефа.

Коэффициент  $k_1$  характеризует роль биотических элементов в формировании экологической стабильности ландшафта (табл. 1).

Сохранение эколого-мелиоративных функций агроландшафтов в природно-экологическом комплексе во многом зависит от уровня антропогенных нагрузок, являющихся предметом диагностирования изменений окружающей среды. Оно заключается в определении множества факторов, при которых природно-

Таблица 1

Коэффициенты относительной экологической значимости

Природно-климатическая зона	Биотические элементы ландшафта					
	Леса	Лука	Сенокосы	Пастбища	Пашня	Водоёмы и водотоки
Северная тайга	0.48	0.40	0.38	0.39	0.08	-
Южная тайга	0.80	0.60	0.58	0.59	0.11	-
Лесостепная	0.84	0.80	0.78	0.79	0.13	0.45
Степная	1.00	0.95	0.93	0.94	0.15	0.55
Сухостепь	-	0.70	0.66	0.67	0.11	0.65
Полупустыня	-	0.20	0.18	0.19	0.06	0.79
Пустыня северная	-	0.15	0.15	0.18	0.05	0.82
Пустыня южная	-	0.15	0.10	0.15	0.05	0.85
Предгорные полупустыни	0.28	0.20	0.45	0.65	0.14	0.75
Предгорные степи	0.48	0.65	0.75	0.75	0.10	0.69
Горные степи и леса	0.65	0.80	0.32	0.85	0.05	-

экологические комплексы не выходят из-под контроля. При этом в основе управления агроландшафтом должно лежать экологически сбалансированное и устойчивое землепользование, для управления развитием которого широкое распространение получил ландшафтно-мелиоративный подход [19].

Ландшафтно-мелиоративный подход включает оценку ресурсного и эколого-хозяйственного баланса, а также эколого-мелиоративного состояния территории (20). Нахождение оптимального сочетания угодий в структуре природно-экологического комплекса – сложная задача, ее решение должно основываться на количественном описании взаимосвязанных природных процессов, антропогенных воздействий и оптимизироваться с учетом социально-экономических и природоохранных показателей. В первом приближении можно использовать такие обобщенные показатели, как коэффициент экологической устойчивости (стабильности) техноприродных или квазиприродных систем [17] и уровень эколого-геохимической устойчивости [20–22]. При этом коэффициент экологической устойчивости ( $K_{эу}$ ), учитывающий структуру биотических и абиотических элементов ландшафтов, их экологическую значимость определяется по формуле:

$$K_{эу} = (1/F) \sum_{i=1}^n f_i \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1)$$

где  $F$  – площадь природных и техноприродных систем (водосбора);  $f_i$  – площадь  $i$ -го угодья;  $K_1$  – коэффициент стабильности [18];  $K_2$  – коэффициент, учитывающий геолого-морфологическую устойчивость рельефа.

Устойчивость природных и техноприродных систем оценивается по шкале [19].

Для оценки эколого-мелиоративной устойчивости ( $K_{эму}$ ) агроландшафтов нами разработана зависимость на основе методологии М.А. Глазовского [22]:

$$K_{эму} = \left( \sum_{i=1}^n f_i \cdot k_3 \cdot k_m \cdot k_d \right), \quad (2)$$

где  $f_i$  – площадь  $i$ -х элементов агроландшафтов (степень засоления, глубина залегания и минерализация грунтовых вод), входящих в ее состав, то есть  $f_i = F_i / F_0$ , здесь  $F_i$  – площадь  $i$ -х элементов агроландшафтов, га;  $F_0$  – общая площадь агроландшафтов;  $k_3$  – коэффициент, учитывающий экологическую значимость засолен-

ных земель;  $k_m$  – коэффициент, учитывающий экологическую значимость глубины залегания грунтовых вод;  $k_z$  – коэффициент, учитывающий экологическую значимость минерализации грунтовых вод.

Для определения количественного значения значимости отдельных элементов агроландшафтов, то есть параметров  $k_s$ ,  $k_m$  и  $k_z$ , использованы материалы, характеризующие зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от степени засоления почвы, уровня залегания грунтовых вод и их минерализации, то есть  $k_p = f(S, Y)$ ,  $k_m = f(C_z, Y)$  и  $k_z = f(\Delta, Y)$  (табл. 2).

В общем, произведения коэффициентов значимости  $k_z$  и  $k_m$  можно обозначать как коэффициент гидрогеохимической значимости агроландшафтов –  $k_{zx}$ , то есть  $k_{zx} = k_z \cdot k_m$ . Однако его можно использовать, когда площадь глубины залегания грунтовых вод и минерализации будут одинаковы. Но так как в природе такое состояние по гидрогеохимическим условиям не встречается, наиболее достоверным будет, если его представить в следующем виде:  $k_{zx} = k_z \cdot f_z + k_m \cdot f_m$ , где  $f_z$  – относительная площадь агроландшафтов по уровню глубины залегания грунтовых вод;  $f_m$  – относительная площадь агроландшафтов по минерализации грунтовых вод.

Для оценки влияния орошения природной системы можно использовать коэффициент стабильности [23]:

$$K_c = \eta_c \cdot K_0, \quad (3)$$

где  $K_c$  – коэффициент стабильности агроландшафтов;  $\eta_c$  – коэффициент, зависящий от изменения структуры водного баланса в результате водной мелиорации [18].

Для оценки интенсивности влагообмена между почвенными и грунтовыми водами на агроландшафтах можно использовать формулу:

$$\bar{g} = g / (O_c + O_p) = \exp(-1.5\bar{R}), \quad (4)$$

где  $\bar{g}$  – относительное значение влагообмена между почвенными и грунтовыми водами на агроландшафтах;  $g$  – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами;  $O_c$  – атмосферные осадки;  $O_p$  – норма водоподдачи.

Если принять, что коэффициент стабильности ландшафтных систем ( $K_0$ ) в природных условиях единица, тогда выражение для определения коэффициента стабильности агроландшафтов имеет следующий вид:

Коэффициент относительной экологической значимости отдельных элементов агроландшафтов

Элементы агроландшафтов					
Степень засоления почвы		Грунтовые воды			
		глубина залегания		минерализация	
Незасоленная	1.00	<1.00	0.85	<1.00	1.00
				1.00-3.00	0.75
				3.00-5.00	0.50
				5.00-10.00	0.35
				<10.00	0.25
Слабая	0.85	1.00-2.00	1.00	<1.00	1.00
				1.00-3.00	0.85
				3.00-5.00	0.65
				5.00-10.00	0.55
				<10.00	0.35
Средняя	0.60	2.00-3.00	1.00	<1.00	1.00
				1.00-3.00	0.95
				3.00-5.00	0.75
				5.00-10.00	0.65
				<10.00	0.40
Высокая	0.35	3.00-5.00	1.00	<1.00	1.00
				1.00-3.00	0.97
				3.00-5.00	0.85
				5.00-10.00	0.75
				<10.00	0.70
		<5.00	1.00	<1.00	1.00
				1.00-3.00	1.00
				3.00-5.00	0.95
				5.00-10.00	0.93
				<10.00	0.90

$$K_c = \eta_c = [(c + g)_б \cdot (c + g)_{op}] / (V / V_б). \quad (5)$$

Оценку экологической стабильности ландшафтов приводят в соответствии со следующей шкалой [17]:  $K_{\text{эу}} < 0.33$  – ландшафт нестабильный;  $K_{\text{эу}} = 0.34-0.50$  – малостабильный;  $K_{\text{эу}} = 0.51-0.66$  – среднестабильный;  $K_{\text{эу}} = 0.67-1.00$  – стабильный.

Таким образом, оценка экологомелиоративной устойчивости и стабильности агроландшафтов в условиях антропогенной деятельности отражает динамику и направленность природных процессов, степень их устойчивости и стабильности, что позволяет разрабатывать

проекты адаптивно-ландшафтной системы земледелия и мелиорации. При этом основные функции агроландшафта – системность, созидательность и эффективность, обеспечивающие устойчивое и стабильное функционирование природной системы, являются важнейшими элементами, определяющими особенности дифференциации земледелия в соответствии с иерархией ландшафтов.

#### Литература

1. Голованов А.И., Сурикова Т.И., Сухарев Ю.И., Зимин Ф.М. Основы природообустройства. – М.: Колос, 2001. – 264 с.

2. *Айдаров И.П., Голованов А.И.* Фундаментализация мелиоративного образования и науки // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 15–21.
3. *Шабанов В.В., Орлов И.С.* Оценка природно-хозяйственного риска в условиях изменения климата (на примере сельскохозяйственной деятельности). – Ч. 1. Теория. – М.: МГПУ, 2003.
4. *Реймерс Н.Ф.* Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994.
5. *Рекс Л.М.* Системные исследования мелиоративных процессов и систем. – М.: Аслан, 1995. – 192 с.
6. *Хачатурьян В.Х.* Обоснование сельскохозяйственных мелиорации с экологических позиций // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. – №5. – С. 43–48.
7. *Мустафаев Ж.С.* Почвенно-экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель в Казахстане. – Алматы, 1997. – 358 с.
8. *Голованов А.И.* Мелиорация ландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – М., 1993. – №3. – С. 6–8.
9. *Кошкарлов С.И.* Мелиорации ландшафтов в низовьях реки Сырдарья. – Алматы, 1997. – 267 с.
10. *Колагонов А.В., Щедрин В.Н., Сенчуков Г.А., Бурдун А.А.* Принципы ландшафтно-экологического подхода к мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство. – М., 2000. – №5. – С. 12–16.
11. *Парфенова Н.И., Решеткина Н.М.* Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. – СПб.: Гидрометеоздат, 1995. – 360 с.
12. *Исаченко А.Г.* Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1981. – 366 с.
13. *Докучаев В.В.* Избранные труды / Под ред. акад. Б.Б. Польшова. – М.: Изд-во Ан СССР, 1949. – 643 с.
14. *Преображенский В.С., Александров Т.Д., Купрянов Т.П.* Основы ландшафтного анализа. – М.: Наука, 1988. – 191 с.
15. *Айдаров И.П.* Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
16. *Сенчуков Г.А., Дудникова Л.Г., Бондоренко О.Е., Марков Ю.А.* Методика обоснования экологических норм водопотребности сельскохозяйственных угодий // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – №6. – С. 32–33.
17. *Агрэкология.* – М.: Колос, 2000. – 536 с.
18. *Айдаров И.П.* Перспективы развития комплексных мелиорации в России. – М., 2004.
19. *Мустафаев Ж.С.* Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004. – 306 с.
20. *Мажайский Ю.А., Резникова А.В.* Концептуальные аспекты эколого-мелиоративного функционирования и развития агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – №1. – С. 16–18.
21. *Айдаров И.П., Краснощеков В.Н.* Методология оценки экологической эффективности природообустройства агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – №5. – С. 40–47.
22. *Глазовский М.А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М., 1997. – 245 с.
23. *Голованов А.И., Сухарев Ю.И., Шабанов В.В.* Комплексное обустройство территорий – дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – №23. – С. 25–31.