

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО КАРКАСА ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ

Н.П. Карпенко¹, Ж.С. Мустафаев², А.Т. Козыкеева², Ж.Е. Ескермесов³

¹ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия;

²Казахский национальный аграрный университет, г Алматы, Казахстан;

³Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Функционирование орошаемого агроландшафта предполагает наличие постоянного антропогенного, в том числе мелиоративного, воздействия на все его компоненты, которые могут быть различным по интенсивности и продолжительности. Поэтому, чтобы предотвратить возможность возникновения необратимых изменений, важно предвидеть результаты этих воздействий, знать предельно допустимые величины нагрузок, а также уровень устойчивости составляющих агроландшафтов к антропогенному фактору и экологической опасности функционирования орошаемых агроландшафтов.

Экологическая опасность функционирования орошаемых агроландшафтов определяется экологическими требованиями, которые представляют собой комплекс ограничений по природопользованию и условий сохранения окружающей среды в процессе мелиоративной деятельности и дают возможность получить экологически обоснованную величину продуктивности сельскохозяйственных культур, соответствующих затратам солнечной энергии на почвообразовательный процесс [1; 2].

На основе выше приведенных принципов мелиорации сельскохозяйственных земель можно сформировать экологические требования для обеспечения эколого-мелиоративной устойчивости, то есть разработать эколого-мелиоративные мероприятия, обеспечивающие коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов в пределах $K_{эму} > 0,40$, что обеспечивается оптимизацией инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи [2; 3].

При этом, начальными условиями оценки целесообразности проведения эколого-мелиоративных мероприятий, обеспечивающих коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов является качество воды реки Сырдарьи, являющейся источником орошения сельскохозяйственных культур и регулирования гидрогеохимического режима почвы гидроагроландшафтов.

Для принятия решения о целесообразности использования водных ресурсов реки Сырдарьи для регулирования гидрогеохимического режима почвы гидроагроландшафтов можно использовать методологический подход, разработанный Ж.С. Мустафаевым [2], то есть соотношение концентрации почвенного раствора (C_p^n) в зависимости от степени засоления почвы к минерализации речных вод (C_o^e): $K_n^e = C_p^n / C_o^e$, то есть если $K_n^e = C_p^n / C_o^e > 1,0$, тогда речные воды пригодны для регулирования гидрогеохимического режима почвы гидроагроландшафтов, если $K_n^e = C_p^n / C_o^e < 1,0$, тогда не пригодны.

В настоящее время минерализация воды реки Сырдарьи в створе Шардара 1,8 г/л, что показывает возможность использования их для регулирования гидрогеохими-

ческого режима от средnezасоленных до сильнозасоленных почв гидроагроландшафтных систем Кызылординской области.

Для оптимизации инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов можно использовать модель коэффициента эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов ($K_{эму}$), то есть:

$$K_{эму} = \frac{1}{5}(K_{эснз} + K_{эссв} + K_{эсспз} + K_{эссв} + K_{эсосз})$$

где $K_{эснз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости незасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эссз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости слабозасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эсспз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости средnezасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эссв}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости сильнозасоленных гидроагроландшафтов; $K_{эсосз}$ - коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости очень сильнозасоленных гидроагроландшафтов.

Для оценки эколого-мелиоративной устойчивости почвы гидроагроландшафтных систем по степени засоления можно использовать следующие формулы:

$$K_{эси} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n f_i \cdot k_3 \cdot k_m \cdot k_d \right) \text{ или } K_{эму} = \frac{1}{n} \left(k_3 \cdot \frac{F_3}{F_0} + k_2 \cdot \frac{F_2}{F_0} + k_m \cdot \frac{F_M}{F_0} \right),$$

где f_i - площадь i -ых элементов гидроагроландшафтов (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 -ых элементов гидроагроландшафтов, га; F_0 - общая площадь агроландшафтов; k_3 - коэффициент, учитывающий экологическую значимость засоленных земель; k_2 - коэффициент, учитывающий экологическую значимость глубины залегания грунтовых вод; k_m - коэффициент, учитывающий экологическую значимость минерализации грунтовых вод; F_3 - площадь гидроагроландшафтов по степени засоления; F_2 - площадь гидроагроландшафтов по глубине залегания грунтовых вод; F_M - площадь гидроагроландшафтов по степени минерализации грунтовых вод.

На основе приведенного методологического подхода произведена оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов (гидроагроландшафтов) в низовьях реки Сырдарьи, то есть на примере Тогускенского и Казалинского массива орошения (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, поэтапное улучшение эколого-мелиоративного состояния гидроагроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи показало, что на первом этапе перевод сильнозасоленных почв в средnezасоленные почвы может обеспечить повышение коэффициента эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов до 0,261-0,323, то есть перевести эколого-мелиоративное состояние почвы от очень неустойчивого состояния в неустойчивое состояние. При втором этапе, когда сильнозасоленные и средnezасоленные почвы переводятся в слабозасоленные почвы, коэффициент эколого-мелиоративной устойчивости гидроагроландшафтов повышается до 0,429-0,440, то есть обеспечивает эколого-мелиоративную устойчивость гидроагроландшафтов близкую к природным условиям низовья реки Сырдарьи. Следует отметить, что в сложившихся условиях улучшение эколого-мелиоративное состояние агроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи в короткий срок осуществить практически невозможно. Следовательно, для проведения первого этапа тре-

буется минимум пять лет, а второго этапа - десять лет, так как уровень годового повышения коэффициента эколого-мелиоративной устойчивости гидроагрландшафтов принят равным 0,015 на основе рекомендаций Н.Ф. Реймерса с точки зрения обеспечения предельно-допустимой нагрузки природной системы [4].

Таблица 1 - Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов орошаемых агроландшафтов (гидроагроландшафтов) в низовьях реки Сырдарья

| Показатели | Степень засоления почвы | | | | $K_{эму}$ |
|--|-------------------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------|
| | незасоленные | слабо-засоленные | среднее засоленные | сильно-засоленные | |
| Тогускенский массив | | | | | |
| Существующие инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов | | | | | |
| f_3 | 0.270 | 0.093 | 0.538 | 0.099 | |
| k_3 | 1.00 | 0.85 | 0.65 | 0.35 | |
| $f_3 \cdot k_3$ | 0.270 | 0.079 | 0.350 | 0.035 | |
| f_2 | 0.384 | 0.314 | 0.158 | 0.144 | |
| k_2 | 0.95 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | |
| $f_2 \cdot k_2$ | 0.364 | 0.267 | 0.119 | 0.094 | |
| f_M | 0.088 | 0.119 | 0.111 | 0.682 | |
| k_M | 1.00 | 0.85 | 0.75 | 0.50 | |
| $f_M \cdot k_M$ | 0.088 | 0.101 | 0.083 | 0.341 | |
| $K_{эси}$ | 0.240 | 0.149 | 0.181 | 0.157 | 0.182 |
| Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (1-этап) | | | | | |
| f_3 | 0.270 | 0.093 | 0.637 | | |
| k_3 | 1.00 | 0.85 | 0.65 | | |
| $f_3 \cdot k_3$ | 0.270 | 0.079 | 0.414 | | |
| f_2 | 0.384 | 0.314 | 0.302 | | |
| k_2 | 0.95 | 0.85 | 0.75 | | |
| $f_2 \cdot k_2$ | 0.364 | 0.267 | 0.227 | | |
| f_M | 0.088 | 0.119 | 0.793 | | |
| k_M | 1.00 | 0.85 | 0.75 | | |
| $f_M \cdot k_M$ | 0.088 | 0.101 | 0.594 | | |
| $K_{эси}$ | 0.240 | 0.149 | 0.411 | | 0.267 |
| Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (2-этап) | | | | | |
| f_3 | 0.270 | 0.730 | | | |
| k_3 | 1.00 | 0.85 | | | |
| $f_3 \cdot k_3$ | 0.270 | 0.621 | | | |
| f_2 | 0.384 | 0.616 | | | |
| k_2 | 0.95 | 0.85 | | | |
| $f_2 \cdot k_2$ | 0.364 | 0.524 | | | |
| f_M | 0.088 | 0.912 | | | |
| k_M | 1.00 | 0.85 | | | |
| $f_M \cdot k_M$ | 0.088 | 0.775 | | | |
| $K_{эси}$ | 0.240 | 0.640 | | | 0.440 |

| Показатели | Степень засоления почвы | | | | $K_{эму}$ |
|---|-------------------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------|
| | незасоленные | слабо-засоленные | среднее засоленные | сильно-засоленные | |
| Казалинский массив | | | | | |
| Существующие инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов | | | | | |
| f_3 | 0.05 | 0.237 | 0.250 | 0.433 | |
| k_3 | 1.00 | 0.85 | 0.65 | 0.35 | |
| $f_3 \cdot k_3$ | 0.05 | 0.201 | 0.163 | 0.152 | |
| f_2 | 0.226 | 0.161 | 0.480 | 0.133 | |
| k_2 | 0.95 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | |
| $f_2 \cdot k_2$ | 0.215 | 0.137 | 0.360 | 0.086 | |
| f_M | 0.092 | 0.154 | 0.216 | 0.548 | |
| k_M | 1.00 | 0.85 | 0.75 | 0.50 | |
| $f_M \cdot k_M$ | 0.092 | 0.131 | 0.162 | 0.274 | |
| $K_{эци}$ | 0.119 | 0.156 | 0.228 | 0.171 | 0.169 |
| Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (1-этап) | | | | | |
| f_3 | 0.05 | 0.237 | 0.683 | | |
| k_3 | 1.00 | 0.85 | 0.65 | | |
| $f_3 \cdot k_3$ | 0.05 | 0.201 | 0.444 | | |
| f_2 | 0.226 | 0.161 | 0.613 | | |
| k_2 | 0.95 | 0.85 | 0.75 | | |
| $f_2 \cdot k_2$ | 0.215 | 0.137 | 0.460 | | |
| f_M | 0.092 | 0.154 | 0.764 | | |
| k_M | 1.00 | 0.85 | 0.75 | | |
| $f_M \cdot k_M$ | 0.092 | 0.131 | 0.573 | | |
| $K_{эци}$ | 0.119 | 0.156 | 0.694 | | 0.323 |
| Оптимизация инфраструктуры эколого-мелиоративных каркасов (2-этап) | | | | | |
| f_3 | 0.05 | 0.92 | | | |
| k_3 | 1.00 | 0.85 | | | |
| $f_3 \cdot k_3$ | 0.05 | 0.782 | | | |
| f_2 | 0.226 | 0.774 | | | |
| k_2 | 0.95 | 0.85 | | | |
| $f_2 \cdot k_2$ | 0.215 | 0.658 | | | |
| f_M | 0.092 | 0.918 | | | |
| k_M | 1.00 | 0.85 | | | |
| $f_M \cdot k_M$ | 0.092 | 0.780 | | | |
| $K_{эци}$ | 0.119 | 0.740 | | | 0.430 |

Список использованных источников

1. Карпенко Н.П., Мустафаев Ж.С., Ескермесов Ж.Е. Анализ экологической ситуации и комплексная мелиоративная оценка состояния орошаемых агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи // Природообустройство, 2015.- №2.- С.8-12.
2. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане.- Тараз, 2012.- 538 с.

3. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Бассейн Аральского моря: прошлое, настоящее и будущее.- Тараз, 2012.-318 с.

4. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы.-М.: Россия молодая, 1994.- 367 с.

УДК 631.61

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЁННОЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАРБОНАТНОГО САПРОПЕЛЯ И УГЛЕВОДОДОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Л.В. Кирейчева¹, А.В. Ильинский²

¹ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

²Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань, Россия

Нефте- и нефтепродуктопроводные системы можно оценить как комплекс взрывопожарных объектов, представляющий постоянную угрозу населению и окружающей среде, что определяется физико-химическими свойствами транспортируемых углеводородов, а также сложившимися в настоящее время особенностями эксплуатации данного вида транспорта [1, 2]. Одним из характерных и наиболее опасных по своим последствиям видов чрезвычайных ситуаций в данном случае являются аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, влекущие ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, приводящие нередко к человеческим жертвам, а также к значительным материальным и финансовым потерям, нарушению условий жизнедеятельности людей, производственной деятельности предприятий и выбытию земель из сельскохозяйственного оборота [3, 4]. При попадании нефти и других токсических веществ в почву происходят глубокие изменения химических, физических, микробиологических свойств почвы, а иногда и существенная перестройка всего почвенного профиля [3, 5, 6]. В этой связи, высокий научный интерес и актуальное практическое значение в настоящее время для подверженных загрязнению нефтью и продуктами её переработки почв земель сельскохозяйственного назначения юга центрального Нечерноземья России приобретает разработка инновационных приёмов очистки, основанных на интенсификации процессов биодеструкции поллютантов [7, 8].

Биологический метод очистки является наиболее экологически чистым. Область его применения лимитируется следующими факторами: содержанием и химическим составом нефтепродуктов, глубиной их проникновения в почву, активностью углеводородоокисляющих микроорганизмов, а также температурой, кислотностью, влажностью, обеспеченностью элементами минерального питания, физико-химическими свойствами очищаемой почвы, включая степень аэрации [9, 10, 11, 12]. Основными биодеструкторами нефтепродуктов являются аэробные хемогетеротрофные бактерии родов: *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Nocardia* и др., а также микроскопические грибы родов: *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Aureobasidium* [13, 14]. В процессе утилизации нефтепродуктов особенно активны бактерии рода *Pseudomonas*, поскольку они одинаково легко используют моноциклические ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол), альдегиды (формальдегид, ацетальдегид), спирты (метанол, глицерин) и другие более сложные соединения [15]. К настоящему времени разработано большое количество отечественных и зарубежных биопрепаратов на основе углеводородоокисляющих микроорганизмов [9, 11]. Большой популярностью пользуются мик-