

УДК 631.6

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ
МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТА****¹Хаджиди А.Е., ¹Сафронова Т.И., ²Степанов В.И.**¹ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
e-mail: mail@kubsau.ru;²Алтайский экономико-юридический институт, Барнаул, e-mail: institut@aeli.altai.ru

В статье рассматривается вероятностный подход к изменению ресурсов агроландшафтов под действием неблагоприятных факторов. Приводится блок-схема анализа деградационного риска. Методика исследования была апробирована на кормовом севообороте, орошаемом очищенными сточными водами консервного завода.

Ключевые слова: агроландшафт, риск, деградация почв, управление**MODEL OPERATION OF RISK SITUATIONS AT THE ASSESSMENT
MELIORATIVE CONDITION OF THE AGROLANDSCAPE****¹Khadzhidi A.E., ¹Safronova T.I., ²Stepanov V.I.**¹Kuban State Agricultural University, Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru;²Altaysky economical and legal institute, Barnaul, e-mail: institut@aeli.altai.ru

In article probability approach to change of resources of agroland-shaft under the influence of adverse factors is considered. The flowchart of the analysis of degradatsionny risk is provided. The technique of research was approved on the fodder crop rotation irrigated by the cleared sewage of cannery.

Keywords: agrolandscape, risk, degradation of soils, management

Агроресурсный потенциал – это земли сельскохозяйственного назначения с соответствующим мелиоративным состоянием (МСП) почвы и биоклиматом. Основное отличие агроландшафта от природной экосистемы заключается в наличии системы земледелия, как системы воздействия на почву, водный режим и микроклимат. Многолетний опыт показывает, что при осуществлении мелиоративных мероприятий возможны негативные последствия. Увеличение масштабов антропогенного воздействия на агроэкосистемы может привести к экологическому кризису. Важнейшим необходимым условием выбора оптимальной стратегии эксплуатации естественных ресурсов агроландшафта (АЛ) является рациональное использование экологических ресурсов.

Для управления плодородием орошаемых сельскохозяйственных угодий необходима оценка МСП агроландшафта с учетом экологической устойчивости АЛ к техногенному воздействию. Мелиоративное состояние почв обусловлено большим количеством случайных факторов. Поэтому в исследованиях в первую очередь следует учитывать статистическую природу изменения АЛ, изменчивый характер протекающих процессов.

Для количественной оценки экологических рисков необходимо знать факторы экологической опасности, а также методы

оценки ущерба от их проведения. Информационной основой для оценки экологических рисков является информация о различных процессах и явлениях, результаты мониторинга экологической обстановки, данные оценки воздействия на окружающую среду. Деградация почв характеризуется множеством показателей. Поэтому при исследовании МСП важно выбрать определяющий параметр, характеризующий деградационный случайный процесс. В качестве мер опасности будем использовать показатели, характеризующие разрушительную силу процессов. Эти показатели положим в основу балльных шкал опасности [1].

В сложных ситуациях, когда достаточно надежно не удастся установить определяющий параметр, предполагают, что доминирующей является та характеристика, которая вносит наибольший вклад в деградацию.

Будем рассматривать проблемы безопасности АЛ в концепции устойчивого развития, используя понятие риска как вероятностную меру опасности. При оценке качества развития регионального природопользования большое значение имеют вопросы управления риском, когда приходится принимать решения в условиях высокой степени неопределенности и множества ограничений. Оценку риска следует проводить по каждому фактору риска, оказы-

вающему неблагоприятное воздействие на систему. Для оценки степени опасности важна не только вероятность ее появления, но и тяжесть последствий для окружающей среды. Чтобы сделать эту оценку количественной, понятие риска определяется как произведение вероятности неблагоприятного события и ожидаемого ущерба в результате этого события

$$R = \sum_{i=1}^n F(Y_i) P_i Y_i, \quad (1)$$

если возможны несколько неблагоприятных событий с различными вероятностями P_i и соответствующими им ущербами Y_i .

В (1) $F(Y_i)$ – весовая функция потерь, с помощью которой последствия различной природы приводятся к единой оценке ущерба. Из (1) следует, что риск (мера опасности) определяется как математическое ожидание ущерба или потерь. Конечным результатом исследования является получение информации для принятия решения по контролю риска и управлению им.

R – количественная мера риска, выражаемая в тех же показателях, что и ущерб; n – число возможных вариантов ущербов при наступлении неблагоприятного события.

По мере эксплуатации земли ее плодородие уменьшается (дегумификация, обезструктуривание почв, усиление эрозионных процессов). Земельные ресурсы истощаются тем сильнее, чем более энергонасыщенное технологии, начиная от подготовки почвы до получения высоких урожаев культур. Ресурсы деградируют, уменьшаются макроэлементы, изменяется механический состав почвы. При переувлажнении изменяется мелиоративный и кислотнo-щелочной режимы почвы. Темпы роста урожайности уменьшаются с уменьшением запаса ресурса.

Выбор метода оценки экологического ущерба зависит от вида воздействий и степени их изученности. При наличии исходных данных непосредственно вычисляли затраты на восстановление участка до исходного состояния. При наличии большого числа реализаций (длительные наблюдения) применяли методы статистического анализа информации о размерах воздействий и их последствиях.

Оценку мелиоративного состояния почвы проводят по определенным критериям, основным из которых является уровень плодородия почв. При этом следует учитывать изменчивость процессов во времени и пространстве, зависимость от погодных усло-

вий, типа почв, реакции сельскохозяйственных культур на протекание процесса. При изучении объектов управления необходимо знать множество допустимых режимов, а также как и при каких условиях происходит их смена.

При оросительных мелиорациях переувлажнение приводит к подъему уровня минерализованных грунтовых вод, что может вызвать вторичное засоление земель. Орошение культур очищенными сточными водами дает с одной стороны – экономию водных ресурсов и уменьшение количества вносимых удобрений, с другой – риск, который может привести к загрязнению почв. Риск по техногенным факторам – недостаточная очистка сточных вод, неравномерность распределения очищенного стока по площади полива, несоответствие поливной техники эксплуатационным требованиям [2].

На кафедре гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения разработана методика применения безразмерных индикаторов (показателей) состояния МСП агроландшафта до и после применения технологий (таблица). Оценена в баллах опасность развития неблагоприятных процессов при мелиоративном воздействии. Индикаторы ограничены по безразмерным параметрам с использованием количественных показателей экологической безопасности. Количественные показатели подлежат экспертизе, которая обеспечивает постоянную корректировку системы мелиоративного контроля для данного типа агроландшафта. Для каждой почвы АЛ градация значений рисков может варьироваться, как и соответствующие им индикаторы. Количество основных показателей может быть увеличено или уменьшено в зависимости от вида использования агроландшафта [1, с. 57].

Номера рисков ранжируются по значимости в убывающем порядке, для каждого индикатора выделяются контрольные значения, при которых возникает деградация почвы. Например, в гумидной зоне контрольным индикатором может служить уровень минерализованных грунтовых вод. В аридной зоне – дефицит влаги в почве.

Строится ландшафтная карта, проводится почвенная съемка для определения уровней деградации почв и строится карта по степеням деградации. Основное направление сбора информации связано с изучением возможных неблагоприятных природных процессов, оценкой вероятностей возникновения неблагоприятных изменений в агроландшафте.

Индикаторы рисков для управления АПП агроландшафта

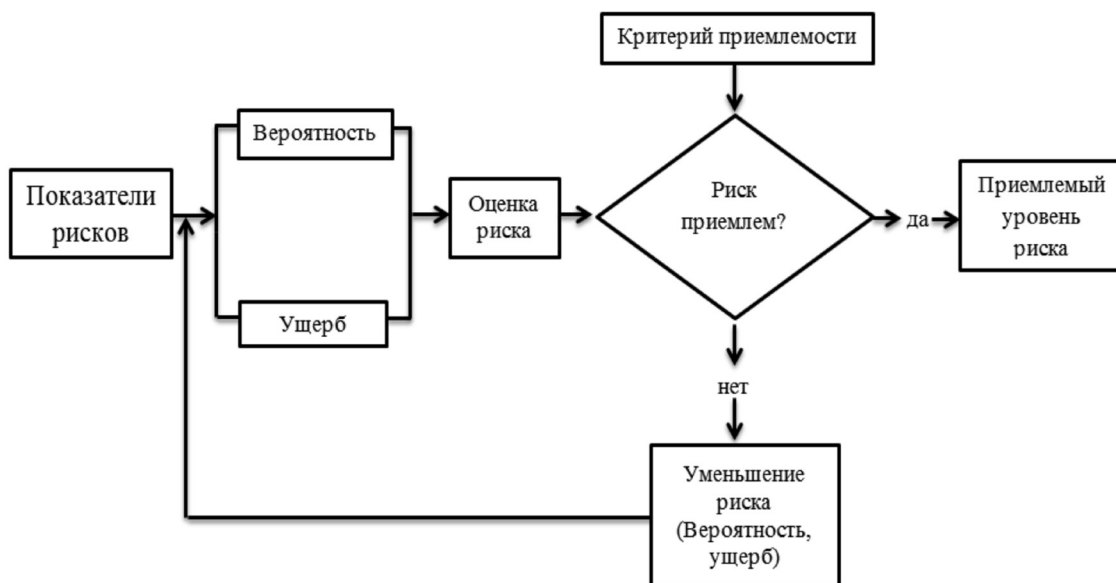
Номер риска	Система рисков, оказывающая влияние на агроресурсный потенциал агроландшафта		Значение рисков	Индикатор риска
1	Уровень грунтовых вод, м		> 3,0 3,0–1,5 1,5–1,0 < 1,0	1 2 3 4
2	Кислотно-щелочной режим (pH) в пахотном горизонте почвы		7,0 5,5–7,0 7,0–7,5 < 5,5 > 7,5	1 2 2 3 3
3	Содержание гумуса в пахотном горизонте почвы, %		6,0–7,0 5,0–6,0 4,0–5,0 < 4,0	1 2 3 4
4	Обеспеченность гидролизуемым азотом в пахотном горизонте почвы, мг/100 г		> 5 5–4 4–3 3–2	1 2 3 4
5	Обеспеченность подвижным фосфором в пахотном горизонте почвы, мг/100 г		> 3 3–2 2–1 < 1	1 2 3 4
6	Обеспеченность подвижным калием в пахотном горизонте почвы, мг/100 г		> 30 20–30 10–20 5–10	1 2 3 4
7	Содержание солей в почве, %	несоленные слабосоленные среднезасоленные сильнозасоленные	< 0,15 0,15–0,30 0,30–0,40 0,40–0,60	1 2 3 4
8	Содержание почвенных агрегатов 0,25–10 мм, %		> 75 75–50 50–30 < 30	1 2 3 4

Примечание. Оценки экспертизы (мониторинга) МСП почвы по индикаторам риска: 1 – хорошо; 2 – удовлетворительно; 3 – неудовлетворительно; 4 – деградация почв.

После разбиения АЛ на статистически однородные районы формируется выборочная совокупность случайных величин. Выборка должна быть репрезентативной, достаточного объема, между результатами наблюдений не должно быть значимой автокорреляции. По выборке находим закон распределения случайной величины, устанавливающий связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Распределение эмпирических вероятностей случайной величины изображают в виде гистограммы или кривой накопленных частот. В ряде случаев построение эмпирической кривой обеспеченности достаточно для общего представления о закономерностях распределения рассматриваемой случайной величины, об обоснованности разделения территории на отдельные районы по МСП.

Для более объективной количественной оценки разделения необходим расчет статистических параметров, установление аналитического вида кривой распределения, наилучшим образом описывающей эмпирическую совокупность, использование различных статистических критериев для доказательства сходства (различия) между выделенными районами и соответствия эмпирического распределения теоретическому [3]. В проведенных исследованиях учитывается закономерность взаимодействия и взаимного влияния природных и антропогенных факторов.

При расчете вероятности наступления неблагоприятного состояния считается, что отказы по причине выхода значений показателей, характеризующих отдельные деградационные процессы, из границ предельных состояний, являются случайными и независимыми.



Блок – схема анализа деградационного риска

По эколого-ландшафтной карте намечаются рекомендации по применению тех или иных мелиоративных мероприятий, проводятся сценарные исследования по следующей методике:

1. Выбор методов анализа и ограничений на основные показатели, характеризующие экологическую устойчивость.

2. Составление моделей экологической устойчивости, разработка и анализ возможных сценариев.

3. Расчет экологической устойчивости. Формирование банка типичных экологических ситуаций.

На основе сценарных карт принимаются решения о приемлемости итога расчета по коэффициенту экологической устойчивости. Геоинформационные системы являются эффективным средством для изучения интегральных эффектов воздействия на окружающую среду. Применение современных ГИС-технологий позволяет быстро оценить полученные результаты и выбрать наиболее подходящий вариант при заданных условиях АЛ. Если результат неудовлетворительный, необходимо внести коррективы в мелиоративные мероприятия и провести расчет заново. При удовлетворительных расчетах выдаются рекомендации по проектированию агроландшафта. Таким образом с помощью комплексных мероприятий, примененных к АЛ, возможно увеличит природно-ресурсный потенциал агроландшафта [1].

Расчет экологической устойчивости проводим по методике, представленной в блок-схеме анализа деградационного риска (рисунок).

Рассмотрим процесс принятия решения, заключающийся в выборе допустимого значения управляющей переменной. Пусть R_k – потеря (уменьшение качества МСП за k -й промежуток времени)

$$R_k = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^N F(Y_k) P_k Y_k(u_i), \quad (2)$$

где i – номер технологии, k – номер района агроландшафта, $Y(u_i)$ – ущербы показателей природной среды агроландшафта (таблица).

Одношаговый процесс принятия решения заключается в следующем. Пусть x – вектор состояния системы. Вектор x является функцией времени и фазовых координат. В дискретные моменты времени $t, t + 1$ он подвергается преобразованию. Запишем это преобразование символически

$$X_2 = g(x_1, u),$$

где $g(x, u)$ – оператор, осуществляющий преобразование x_1 в x_2 . Параметр « u » является управлением, которое исследователь выбирает на первом этапе. Пусть $Y(x_1, u_1)$ – ущерб от перевода системы из состояния x_1 в x_2 . Тогда оптимальным будет такое значение « u », которое осуществляет преобразование x_1 в x_2 , минимизируя при этом величину $Y(x_1, u_1)$.

Управляющие переменные u_i ($i = 1 \dots M$) характеризуют параметры управления. Например, решения о внедрении новых технологий, о применимости удобрений (вид удобрений, количество и сроки их внесения), о сочетании сельскохозяйственных культур (севооборотов), о типе и характеристиках мелиоративных мероприятий.

Предложенная методика позволяет:

– Проводить сценарные исследования по оценке опасности возникновения негативных явлений.

– Учесть процессы взаимодействия и взаимовлияния производственных и природных факторов при мелиоративном воздействии.

– Выполнять многовариантные численные эксперименты и оценивать количественно соотношения между величиной мелиоративного воздействия и реакцией агроландшафта.

– Определять величину риска в мелиоративном состоянии агроландшафта.

Количественная оценка экологических рисков способствует выработке вариантов и выбору оптимальных управляющих решений, минимизирующих не только вероятность проявления факторов эко-

гической опасности, но и ущерб в случае их реализации. Оценка ущерба от проявления факторов экологической опасности является одним из важнейших инструментов управления природоохранной деятельностью.

Методика исследования была апробирована на консервном заводе предприятия ООО «Кубанские консервы» Тимашевского района при утилизации очищенных стоков на сельскохозяйственных полях орошения. На ЗПО используется кормовой севооборот, который орошается очищенными сточными водами завода после ЛКОС. Проверка рисков показала, что мероприятия по утилизации очищенных стоков обеспечивает устойчивое развитие агроландшафта.

Список литературы

1. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е. Сельскохозяйственный мелиоративный комплекс для устойчивого развития агроландшафтов. Монография. – Краснодар: изд-во «ЭДВИ», 2014. – 199 с.

2. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Полторак Я.А. Адаптивные технологии полной утилизации отходов производства спирта для охраны сельскохозяйственных земель и водных объектов от загрязнений. Труды КубГАУ. – 2013 – вып. № 5(14). – С. 274–277.

3. Сафронова, Т.И., Степанов В.И. Математическое моделирование в задачах агрофизики. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 183 с.