

А. Г. Осипов

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ ПРИ СОЗДАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПРИРОДНО-АГРАРНЫХ СИСТЕМ

Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского,
Российская Федерация, 197198, Санкт-Петербург, Ждановская ул., 13

Изложен подход к интегральной оценке устойчивости ландшафтов при создании сельскохозяйственных угодий природно-аграрных систем позволяющий учитывать способность ландшафтов выполнять задаваемые им социально-экономические функции, реализовывать цели экологического нормирования, эколого-географического прогнозирования и экспертизы. Библиогр. 20 назв. Ил. 4. Табл. 4.

Ключевые слова: интегральная оценка устойчивости, биологическое разнообразие, экотон, индекс устойчивости, эколого-геохимическая устойчивость, геоморфологическая устойчивость, устойчивость к эрозионному смыву.

A. G. Osipov

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE SUSTAINABILITY OF LANDSCAPES IN THE CREATION OF AGRICULTURAL LAND IN NATURAL AGRICULTURAL SYSTEMS

Mozhaisky Military Space Academy, 13, ul. Zhdanovskaya, St. Petersburg, 197198, Russian Federation

This article describes an approach to the integrated assessment of sustainability of landscapes in the creation of agricultural lands of natural agricultural systems. This includes: assessing the sustainability of soil and vegetation to the simplification of the structure, assessment of soil stability to heavy metals contamination and acidification, and assessing the resistance of soils to erosion flushing. The approach developed here allows us to consider the ability of landscapes to fulfill a set socio-economic functions while preserving life support functions, in order to realize objectives of environmental regulation, ecogeographical forecasting and professional assessment. Refs 20. Figs 4. Tables 4.

Keywords: integrated sustainability assessment, biodiversity, ecotone, the sustainability index, ecological-geochemical stability, geomorphic stability, resistance to erosion flushing.

В настоящее время актуальнейшей задачей географических исследований является разработка подходов к оценке устойчивости ландшафтов при антропогенном освоении территории. В теоретических и прикладных географических исследованиях оценке устойчивости ландшафтов уделено особое внимание. Разработке ее методологии посвящена обширная литература. Однако методические разработки по оценке устойчивости ландшафтов к антропогенным нагрузкам немногочисленны и в своем большинстве связаны с оценкой лишь отдельных показателей. В связи с этим большой интерес представляет разработка подходов к интегральной оценке устойчивости ландшафтов при формировании сельскохозяйственных угодий природно-аграрных систем.

Оценивание природных тел и явлений является одной из форм отражения взаимодействия между обществом и природой. По проявлению признаков системности оценки могут быть разделены на частные, комплексные, многокритериальные и интегральные.

Частные оценки представляют собой сопоставление отдельных исходных характеристик с принятыми фоновыми уровнями и нормами. Это, как правило, покомпонентные оценки, определяющие положительную или отрицательную значимость объекта. Они составляют основу комплексных и многокритериальных оценок [1–3].

Комплексные оценки в отличие от частных устанавливают значимость объекта по совокупности показателей [4, 5]. Термин совокупность обозначает множество показателей, обладающих некоторыми общими свойствами, существенными для характеристики объекта, но не обязательно находящимися в системных связях друг с другом. Комплексные оценки, как правило, не являются системными, так как понятия «комплекс» и «система» не тождественны друг другу. Это наиболее перспективные, но наименее разработанные и унифицированные оценки.

Многокритериальные (синтетические) оценки устанавливают значимость объекта путем построения вектора значений нормированных показателей, характеризующих данный объект, или путем свертывания информации о состоянии объекта в виде некоторой функции желательности.

Термин «многокритериальная оценка» отражает методологическую основу оценки состояния и воздействия на природные экосистемы, с помощью построения сводных (интегральных) показателей по совокупности репрезентативных критериев оценивания [1, 2–5]. Этот термин отражает еще одну особенность современного этапа мониторинга природных и антропогенных систем — переход от качественных классификаций и типизаций к разработке шкал состояния (качества, загрязнения и т. п.) для достаточно большого перечня критериев, характеризующих природные антропогенно-трансформированные системы и их свойства на различных этапах развития систем.

Интегральная оценка предполагает наличие этапа, связанного с объединением в одно целое ранее разнородных (многокритериальных) оценок с учетом их вклада в общую оценку [6]. В случае природной среды значимость отдельных критериев традиционно оценивается с помощью сравнительных суждений типа «данный критерий более важен для общей оценки, чем другой критерий» или «данные критерии имеют одинаковую значимость для интегральной оценки» и т. п. Таким образом, значимость отдельных критериев чаще всего измеряется по нечисловой (ординальной, порядковой) шкале или всем критериям навязывается равенство приоритетов оценивания. В других случаях исследователь задает интервалы возможного варьирования весовых коэффициентов.

В природопользовании термин устойчивость используется в следующих значениях: *инертность* — способность экосистем, формирующих ландшафт, сохранять при внешнем воздействии исходное состояние в течение некоторого времени; *пластичность* — способность экосистем, формирующих ландшафт, переходить из одного состояния равновесия в другое, сохраняя при этом внутренние связи; *восстанавливаемость* — способность экосистем, формирующих ландшафт, возвращаться в исходное состояние после временного внешнего воздействия. Первые два понятия трактуются как адаптационная устойчивость — способность экосистем, формирующих ландшафт сохранять исходное состояние или плавно переходить в другое состояние, сохраняя при этом внутренние связи, а третье понятие — это регенерационная способность экосистем [5].

Теоретические и методические разработки по устойчивости ландшафтов охватывают два комплекса вопросов. *Первый* заключается в познании устойчивости и изменчивости ландшафтов как фундаментального свойства объектов реального мира. Здесь изучаются основные понятия устойчивости ландшафтов и связанные с ней представления об их инвариантах. *Второй* заключается в исследовании устойчивости ландшафтов к антропогенным воздействиям. Здесь изучаются подходы к определению устойчивости экосистем, формирующих ландшафт, выявляются критерии и методы оценки устойчивости ландшафта при различных видах антропогенного освоения территории.

При аграрном освоении территории наиболее активное воздействие на ландшафт оказывают сельскохозяйственные угодья, при создании которых распахиваются значительные площади ранее ненарушенных земель. В результате распашки земель происходит значительное упрощение структуры почвенно-растительного покрова, активизируются эрозионные процессы, а из-за внесения некачественных минеральных удобрений и выпадения загрязненных атмосферных осадков происходит накопление в почвах тяжелых металлов и их закисление, поэтому на этапе предпроектных изысканий необходимо оценить устойчивость ландшафтов к перечисленным выше антропогенным воздействиям.

Оценка устойчивости ландшафтов к упрощению структуры почвенно-растительного покрова. В настоящее время биологическое разнообразие рассматривается как важнейший комплексный системообразующий природный ресурс, способствующий выживанию человека и осуществлению его экономической деятельности, который тесно связан с другими природными ресурсами. По мнению большинства специалистов, для сохранения биоразнообразия природных ландшафтов достаточно регулирования предельно допустимых нагрузок на природную среду, обеспечивающих сохранение типичных условий местообитания флоры и фауны.

При аграрном освоении территории происходит неизбежное упрощение структуры почвенно-растительного покрова, что приводит к снижению его биологического разнообразия. Многие исследователи для определения биологического разнообразия ландшафтов предлагают использовать «экотоны» — переходные зоны между основными растительными сообществами [7–12]. Эти зоны могут иметь значительную линейную протяженность. Как правило, экотонные сообщества формируются из видов основных растительных сообществ, но иногда и видов, характерных только для экотонов. Число видов и плотность популяций некоторых из них в экотонах может быть выше, чем в основных растительных сообществах. Увеличение биологического разнообразия и плотности живых организмов в экотонах происходит из-за возрастания числа экологических ниш. Распространенность экотонов в природе огромна, а их роль весьма существенна. Эти переходные пространства имеют специфическую структуру, обеспечивающую сохранение биологического разнообразия почвенно-растительного покрова. Экотонные системы обладают особым составом, структурой и механизмами устойчивости, отличающимися от зональных экосистем.

Важный вклад в области развития теории экотонов был сделан В. С. Залетаевым [13]. По его мнению, экотон можно рассматривать как специфический природный инструмент, обеспечивающий при упрощении структуры почвенно-растительного покрова компенсирующее влияние на устойчивость растительных сообществ и как следствие всего ландшафта в целом.

Для оценки устойчивости ландшафтов к упрощению структуры почвенно-растительного покрова предлагается использовать зависимость

$$J_{jk} = D_{jk} \times V_d + K_{jk} \times V_k,$$

где J_{jk} — индекс, характеризующий устойчивость j -го ландшафта к упрощению структуры почвенно-растительного покрова; D_{jk} — дробность j -го ландшафта; K_{jk} — контрастность j -го ландшафта; V_d, V_k — весовые коэффициенты, характеризующие степень влияния соответственно дробности и контрастности ландшафта на его устойчивость к упрощению структуры почвенно-растительного покрова;

$$D_{jk} = C_{jk} / C_{\max},$$

$$C_{jk} = \sum_{p=1}^n s_{pj} / S_j,$$

где C_{jk} — сложность структуры j -го ландшафта; s_{pj} — площадь p -го экотона, расположенного в пределах j -го ландшафта, га; S_j — площадь j -го ландшафта, га; C_{\max} — максимальная сложность структуры ландшафтов, расположенных в пределах изучаемого региона;

$$K_{jk} = Q_{jk} / Q_{\max},$$

$$Q_{jk} = \sum_{p=1}^n b_{pj} \times s_{pj} / \sum_{p=1}^n s_{pj},$$

где Q_{jk} — степень отличия экотонов j -го ландшафта от основных растительных сообществ; b_{pj} — балл, характеризующий степень отличия основных растительных сообществ, формирующих p -й экотон; Q_{\max} — максимальная степень отличия экотонов в ландшафтах, расположенных в пределах изучаемого региона.

После определения индексов устойчивости ландшафтов к упрощению структуры почвенно-растительного покрова они распределяются по классам устойчивости в соответствии с квалиметрической шкалой, приведенной в табл. 1.

Таблица 1. Квалиметрическая шкала для определения классов устойчивости ландшафтов к упрощению структуры почвенно-растительного покрова

Класс устойчивости	Индекс устойчивости
Очень высокий	0,8–1,0
Высокий	0,6–0,8
Средний	0,4–0,6
Низкий	0,2–0,4
Очень низкий	0,0–0,2

Оценка устойчивости ландшафтов к загрязнению почв тяжелыми металлами и закислению. В данном случае под устойчивостью понимается не потенциальный запас буферности почв, а скорость их «самоочищения» от продуктов техногенеза,

т.е. их способность к восстановлению своего нормального функционирования (нормализации) после прекращения антропогенного воздействия.

Согласно данным работы [14] при этом показателем степени устойчивости почвы к техногенному воздействию является продолжительность периода восстановления почвой своего исходного геохимического состояния. Следовательно, на устойчивость почв к загрязнению тяжелыми металлами и закислению наряду с геохимическими показателями влияет и их местоположение в ландшафтно-географическом пространстве.

Разработанная модель основывается на зависимости свойств почв от накопления в них поступающих с техногенными потоками химических веществ, а также их доступности для биоты. При практической реализации модели ее параметры должны выбираться из имеющихся в литературе данных регрессионного анализа и коэффициентов корреляции между свойствами почв, подвижностью химических веществ и накоплением их в биомассе культурных растений. При этом ранжирование и балльная оценка почвенных параметров должны осуществляться с использованием методов экспертного анализа.

С учетом вышеизложенного для определения устойчивости почв к загрязнению тяжелыми металлами и закислению предлагается использовать следующие зависимости:

$$U_k = K \times V_k + R \times V_r,$$

$$U_m = M \times V_m + R \times V_r,$$

где U_k , U_m — балл, характеризующий устойчивость почвенного выдела соответственно к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами; K , M — балл, характеризующий эколого-геохимическую устойчивость почвенного выдела соответственно к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами; V_k , V_m — весовой коэффициент, характеризующий влияние геохимических особенностей почв на их устойчивость соответственно к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами (в нашем случае — 0,6); R — балл, характеризующий геоморфологическую устойчивость почвенного выдела к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами; V_r — весовой коэффициент, характеризующий влияние геоморфологических особенностей территории на устойчивость почв к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами (в нашем случае — 0,4) [15].

Для определения эколого-геохимической устойчивости почвенного выдела соответственно к закислению и загрязнению тяжелыми металлами предлагается использовать эмпирические зависимости, приведенные в работах [16, 17]:

$$K = [(a + al)/(o + z + ob)] / [(o + z + ob + k + c + ov)/(a + al)],$$

$$M = [(a + ov + m)/(o + z + e)] / [(o + z + e + al + k + c)/(a + ov + m)],$$

где K , M — уровень эколого-геохимической устойчивости почв соответственно к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами; a — влияние кислотно-щелочных условий на устойчивость почвы к кислотным воздействиям и к загрязнению тяжелыми металлами; m — влияние вечной мерзлоты в пределах слоя 0–100 см на устойчивость почвы к загрязнению тяжелыми металлами; al — влияние аморфных

гидроксидов Fe + Al на устойчивость почвы к кислотным воздействиям и к загрязнению тяжелыми металлами; o, z — влияние мощности горизонтов соответственно O + AO и A на устойчивость почвы к кислотным воздействиям и к загрязнению тяжелыми металлами; e — влияние емкости поглощения катионов, находящихся в гумусовом горизонте и горизонте AO, на устойчивость почвы к загрязнению тяжелыми металлами; $об$ — влияние суммы обменных оснований в органических и гумусовых горизонтах на устойчивость почвы к кислотным воздействиям; $к$ — влияние имеющихся в почве карбонатов на ее устойчивость к кислотным воздействиям и к загрязнению тяжелыми металлами; $с$ — влияние содержащегося в почве обменного Na на ее устойчивость к кислотным воздействиям и к загрязнению тяжелыми металлами; $ов$ — влияние окислительно-восстановительных условий на устойчивость почвы к кислотным воздействиям и к загрязнению тяжелыми металлами.

Геоморфологическая устойчивость почвенного выдела к загрязнению тяжелыми металлами и закислению рассчитывается по зависимости

$$R = \sum_{j=1}^n S_j \times Y_j,$$

где R — балл, характеризующий геоморфологическую устойчивость почвенного выдела к закислению и к загрязнению тяжелыми металлами; S_j — доля земель с j -м уклоном; Y_j — балл, характеризующий степень влияния j -го уклона на устойчивость почв к закислению и загрязнению тяжелыми металлами (табл. 2).

Таблица 2. Влияние уклонов рельефа на устойчивость почв к закислению и загрязнению тяжелыми металлами

Градации уклонов рельефа, %	Балл влияния на устойчивость
более 12,25	10
8,75–12,25	8
5,25–8,75	6
1,75–5,25	4
0–1,75	2

Полученные для почвенных выделов взвешенные баллы устойчивости к закислению и загрязнению тяжелыми металлами обобщаются на ландшафтном уровне с использованием формулы

$$\beta_t^0 = \sum_{d=1}^n U_d \times Q_{t,d},$$

где β_t^0 — индекс устойчивости t -го ландшафта к закислению и загрязнению тяжелыми металлами; U_d — балл, характеризующий устойчивость d -го почвенного выдела к закислению и загрязнению тяжелыми металлами; $Q_{t,d}$ — доля в t -м ландшафте почвенных выделов с d -м баллом устойчивости.

После определения индексов устойчивости ландшафтов к закислению и загрязнению тяжелыми металлами они распределяются по классам устойчивости в соответствии с квалиметрической шкалой, приведенной в табл. 3.

Таблица 3. Квалиметрическая шкала для оценки устойчивости ландшафтов к загрязнению тяжелыми металлами и закислению

Загрязнение тяжелыми металлами		Закисление почв	
Класс устойчивости	Индекс устойчивости	Класс устойчивости	Индекс устойчивости
Очень высокий	менее 0,1	Очень высокий	менее 0,15
Высокий	0,1–0,5	Высокий	0,15–0,50
Средний	0,5–1,5	Средний	0,50–2,00
Низкий	1,5–3,0	Низкий	2,00–5,00
Очень низкий	более 3,0	Очень низкий	более 5,00

Оценка устойчивости ландшафтов к эрозионному смыву почв. Под устойчивостью ландшафтов к смыву почв дождевыми осадками понимается их способность противостоять процессам смыва.

В основу расчетов предлагается закладывать эмпирическую зависимость [15, 18, 19]

$$g_d = D \times P_d \times R \times K_d,$$

где g_d — смыв почвы с почвенного выдела от стока дождевых осадков, т(га × год); D — эрозионный потенциал дождевых осадков; P_d — смываемость почвы на единицу эрозионного потенциала, т/га; R — эрозионный потенциал рельефа; K_d — безразмерный коэффициент, учитывающий почвозащитные свойства растительного покрова и агротехники.

Предлагаемая зависимость рекомендована для оценки устойчивости почв к эрозионному смыву потому, что она наиболее приемлема как в отношении затрат на производство расчетов, так и по возможности получения информации, необходимой для их реализации. Результаты расчетов, выполненных по данной модели для контрольных участков, хорошо согласуются с результатами расчетов, полученными для тех же участков по теоретической модели Ц. Е. Мирцхулавы. Коэффициент корреляции составляет 0,95–0,96 [19].

Охарактеризуем показатели приведенной эмпирической зависимости.

Эрозионный потенциал дождевых осадков представляет собой сумму произведений кинетической энергии дождей на их максимальную 30-минутную интенсивность. Он определяется по формуле

$$D = 0,25841H \times i_{30} - 0,14921,$$

где H — слой выпавших осадков, мм; i_{30} — максимальная интенсивность дождя за 30-минутный интервал времени, мм/мин.

Для дождей с максимальной интенсивностью менее 0,1 мм/мин эрозионный потенциал следует вычислять по зависимостям, из работы [20], так как представленная нами зависимость дает в данном случае заниженные результаты. При определении потенциала в расчет принимаются дожди со слоем осадков 10 мм и более, так как менее значительные осадки не вызывают заметного смыва.

Рассчитанные значения эрозионного потенциала дождевых осадков наносятся на картографическую основу с привязкой к метеостанциям, по данным которых

выполнялись расчеты, после чего составляется изолинейная карта эрозионного потенциала дождевых осадков. На рис. 1 приведена карта эрозионного потенциала дождевых осадков северо-запада России [18].

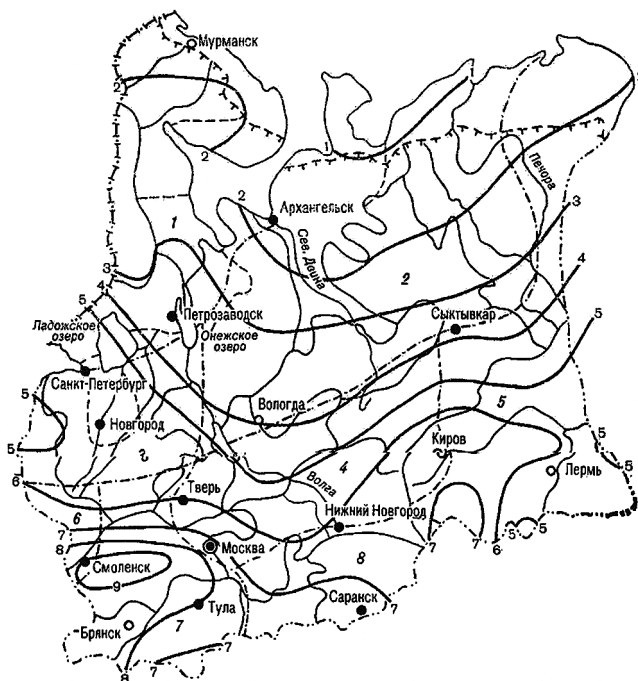


Рис. 1. Карта эрозионного потенциала дождевых осадков северо-запада России

Смываемость почв определяется по графику, представленному на рис. 2 [18], с использованием данных о содержании в них песка и гумуса.

Эрозионный потенциал рельефа характеризует интенсивность смыва почв в зависимости от крутизны и протяженности склонов. Для его определения используется график, представленный на рис. 3.

Измерение длины склонов и уклонов рельефа рекомендуется выполнять в пределах исследуемых ландшафтных выделов с использованием программного обеспечения геоинформационной системы. При этом в каждом ландшафтном выделе на квадратный километр необходимо определить 2–4 точки, что обеспечит погрешность значения эрозионного потенциала рельефа в пределах 10 %.

Расчет коэффициента почвозащитных свойств растительного покрова и агротехники осуществляется по формуле

$$K_d = \sum_{j=1}^m [(\sum_{i=1}^n D'_{i,j} \times P'_{d,i,j} / 10000) \times F_j] / 100,$$

где $D'_{i,j}$ — эрозионный потенциал дождевых осадков в i -й период развития j -й группы культур; $P'_{d,i,j}$ — коэффициент смыва почвы в i -й период развития j -й группы

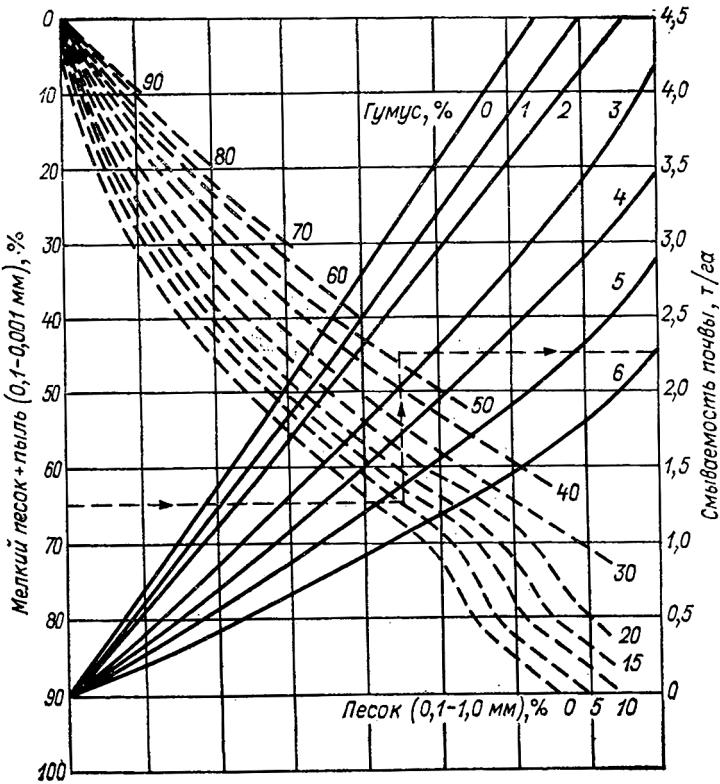


Рис. 2. График для определения смываемости почв

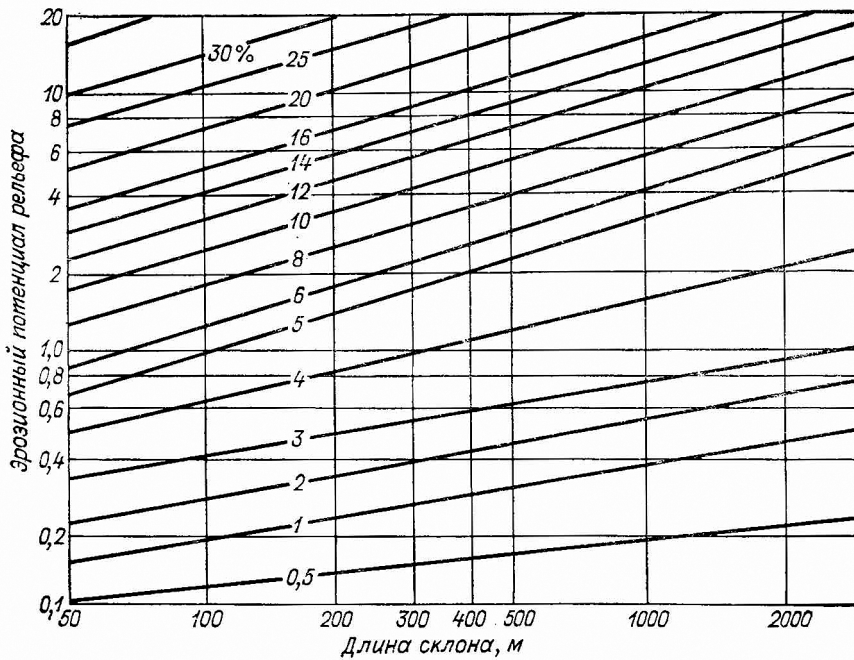


Рис. 3. График для определения эрозионного потенциала рельефа

культур, %; F_j — площадь посевов под j -й группой культур, га; j — возделываемые группы культур $j = \overline{1, m}$; i — периоды возделывания групп культур $i = \overline{1, n}$.

Полученные для почвенных выделов значения эрозионного смыва почв обобщаются на ландшафтном уровне с использованием следующей зависимости:

$$G_t^0 = \sum_{d=1}^n g_d \times Q_{t,d},$$

где G_t^0 — смыв почвы с t -го ландшафта от стока дождевых осадков, т(га×год); g_d — смыв почвы с d -го почвенного выдела от стока дождевых осадков, т(га×год); $Q_{t,d}$ — доля в t -м ландшафте почвенных выделов с d -м значением смыва почвы.

После определения значений смыва почвы для ландшафтов они распределяются по классам устойчивости в соответствии с квалиметрической шкалой, приведенной в табл. 4.

Таблица 4. Квалиметрическая шкала для определения классов устойчивости ландшафтов к эрозионному смыву почв

Класс устойчивости	Смыв почвы, т(га×год)
Очень высокий	0–1
Высокий	1–2
Средний	2–4
Низкий	4–6
Очень низкий	более 6

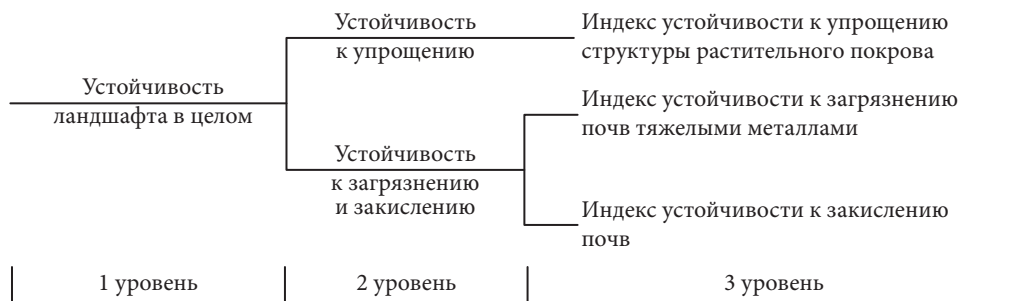


Рис. 4. Фрагмент «дерева свойств», используемого для оценки устойчивости ландшафтов при создании сельскохозяйственных угодий природно-аграрных систем

Интегральная оценка устойчивости ландшафтов при создании сельскохозяйственных угодий. Практическая реализация процедуры интегральной оценки устойчивости ландшафтов начинается с построения «дерева свойств» (рис. 4).

Затем для каждого элементарного свойства, входящего в «дерево свойств», определяют абсолютное значение индекса устойчивости и нормированный коэффициент весомости (важности) по формуле

$$P_j = \bar{P}_{j1} \times \dots \times \bar{P}_{jn},$$

где P_j — нормированный коэффициент весомости (важности) j -го элементарного

(квазиэлементарного) свойства; $\bar{P}_{j1} \dots \bar{P}_{jn}$ — средние ненормированные коэффициенты весомости (важности) 1-го и n -го уровней «дерева свойств», иерархически связанных в пределах одной ветви с j -м элементарным (квазиэлементарным) свойством; n — количество уровней в дереве свойств.

После чего определяются относительные значения элементарных свойств:

$$R_{pj} = w_{pj} / w_{j\bar{a}} \text{ при } w_{pj} < w_{j\bar{a}}; R_{pj} = w_{j\bar{a}} / w_{pj} \text{ при } w_{pj} > w_{j\bar{a}};$$

где R_{pj} — относительное значение показателя, характеризующего j -е элементарное свойство p -го ландшафта; w_{pj} — абсолютное значение показателя, характеризующего j -е элементарное свойство p -го ландшафта; $w_{j\bar{a}}$ — эталонное абсолютное значение показателя, характеризующего j -е элементарное свойство; R_{pj} — меняется в пределах от 0 до 1 ($0 < R_{pj} < 1$).

И наконец, определяется сводный показатель, характеризующий устойчивость ландшафта в целом. Для его получения используется зависимость

$$K_p^0 = \sum_{j=1}^n R_{pj} \times P_j,$$

где K_p^0 — сводный показатель, характеризующий устойчивость p -го ландшафта.

Разработанные методические подходы к реализации процедуры интегральной оценки устойчивости ландшафтов при аграрном освоении территории являются научно-методической основой и инструментом для выполнения исследований при аграрном освоении природной среды. Они могут успешно применяться в проектных предложениях по формированию природно-аграрных компонентов, при решении оптимизационных эколого-экономических задач в области аграрного освоения территории, при землеустроительных работах и при разработке схем территориального планирования.

Литература

1. Александрова Т. Д., Максимова Л. В. Оценочные исследования в отечественной географии // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С. 28–34.
2. Гродзинский М. Д. Устойчивость геосистем: Теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1987. № 6. С. 5–15.
3. Мухина Л. И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. М.: Наука, 1973. 151 с.
4. Арефьев Н. В., Баденко В. Л., Осипов Г. К. Оценка природно-ресурсного потенциала территории с использованием ГИС-технологий // Региональная экология. 1998. № 1. С. 17–23.
5. Дмитриев В. В., Фрумин Г. Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб., 2004. 294 с.
6. Дмитриев В. В., Огуцов А. Н. Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. I. Интегральная оценка устойчивости наземных и водных геосистем // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7. Геология. География. 2012. Вып. 3. С. 65–78.
7. Неронов В. В. Развитие концепции экотонов и их роль в сохранении биологического разнообразия // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. № 4. С. 323–336.
8. Осипов А. Г., Тимофеев В. Г. Научно-методические основы определения экологически допустимого уровня освоения природных ландшафтов при создании природно-аграрных систем // Информатика и космос. 2015. № 2. С. 85–95.

9. Осипов А. Г. Эколого-географическая оценка ландшафтов при формировании природно-экологического каркаса территории // *Информация и космос*. 2015. № 1. С. 62–71.
10. Юрцев Б. А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учета и охраны // *Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению*. СПб.: ЗИН РАН, 1992. С. 7–21.
11. Ягомяги Ю. Э., Мандер Ю. Э. Понятие экотона и возможность его использования при оценке территории // *Учен. зап. Тарт. гос. ун-та*. 1982. Вып. 563. С. 48–62.
12. Яцухно В. М., Помелов А. С. Территориальная организация агроландшафтов и вопросы оптимизации природной среды // *География и природные ресурсы*. 1990. № 2. С. 13–20.
13. Залетаев В. С. Экологически дестабилизированная среда: экосистемы аридных зон в изменяющемся гидрологическом режиме. М.: Наука, 1989. 148 с.
14. Дмитриев В. В. Экологическое нормирование состояния и антропогенных воздействий на природные экосистемы // *Вестн. С.-Петерб. ун-та, Сер. 7. Геология. География*. 1994. Вып. 2 (№ 14). С. 60–70.
15. Осипов А. Г., Дмитриев В. В. Методика эколого-географического обоснования аграрного освоения территории // *Региональная экология*. 2004. № 1–2 (22). С. 107–114.
16. Глазовская М. А. Методические основы эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 102 с.
17. Глазовская М. А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покрова к техногенным воздействиям // *Почвоведение*. 1990. № 1. С. 114–124.
18. Арефьев Н. В., Бреусов В. П., Осипов Г. К. Основы формирования природно-аграрных систем. Теория и практика. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 533 с.
19. Хрисанов Н. И., Осипов Г. К. Управление эвтрофированием водоемов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 277 с.
20. Тарабрин Н. П., Додуковская О. Г. Методика расчета эрозионного индекса дождей // *Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях*. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 78–79.

Для цитирования: Осипов А. Г. Интегральная оценка устойчивости ландшафтов при создании сельскохозяйственных угодий природно-аграрных систем // *Вестник СПбГУ. Серия 7. Геология. География*. 2016. Вып. 3. С. 140–162. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2016.312

Referenses

1. Aleksandrova T. D., Maksimova L. V. Otsenochnye issledovaniia v otechestvennoi geografii [Evaluation study in national geography]. *Geografiia i prirodnye resursy [Geography and natural resources]*, 2004, no. 3, pp. 28–34. (In Russian)
2. Grodzinskii M. D. Ustoichivost' geosistem: Teoreticheskii podkhod k analizu i metody kolichestvennoi otsenki [Stability of geosystems: a Theoretical approach to the analysis and scoring methods]. *Izv. USSR Academy of Sciences. Ser. geogr.*, 1987, no. 6, pp. 5–15. (In Russian)
3. Mukhina L. I. Printsipy i metody tekhnologicheskoi otsenki prirodnnykh kompleksov [Principles and methods of technological assessment of natural systems]. Moscow, Nauka Publ., 1973. 151 p. (In Russian)
4. Aref'ev N. V., Badenko V. L., Osipov G. K. Otsenka prirodno-resursnogo potentsiala territorii s ispol'zovaniem GIS-tekhnologii [Evaluation of natural resource potential of the area using GIS-technologies]. *Regional'naia ekologiiia [Regional ecology]*, 1998, no. 1, pp. 17–23. (In Russian)
5. Dmitriev V. V., Frumin G. T. *Ekologicheskoe normirovanie i ustoichivost' prirodnnykh sistem* [Environmental standardization and resistance of natural systems]. St. Petersburg, 2004. 294 p. (In Russian)
6. Dmitriev V. V., Ogurtsov A. N. Podkhody k integral'noi otsenke i GIS-kartografirovaniuu ustoichivosti i ekologicheskogo blagopoluchiiia geosistem. I. Integral'naia otsenka ustoichivosti nazemnykh i vodnykh geosistem [Approaches to integrated assessment and GIS mapping of the sustainability and environmental well-being of geosystems. I. Integrated assessment of the sustainability of land and water geosystems]. *Vestnik of Saint Petersburg University. Ser. 7. Geology. Geography*, 2012, issue 3, pp. 65–78. (In Russian)
7. Neronov V. V. Razvitie kontseptsii ekotonov i ikh rol' v sokhraneniі biologicheskogo raznoobraziiia [Development of the concept of ecotones and their role in the conservation of biological diversity]. *Uspekhi sovremennoi biologii [Successes of modern biology]*, 2001, vol. 121, no. 4, pp. 323–336. (In Russian)
8. Osipov A. G., Timofeev V. G. Nauchno-metodicheskie osnovy opredeleniia ekologicheskoi dopustimogo urovniia osvoeniia prirodnnykh landshaftov pri sozdaniі prirodno-agrarnnykh sistem [Scientific and

methodological basis for the definition of ecologically acceptable level of development of the natural landscape while creating a natural agricultural systems]. *Informatsiia i kosmos [Information and space]*, 2015, no. 2, pp. 85–95. (In Russian)

9. Osipov A. G. Ekologo-geograficheskaia otsenka landshaftov pri formirovani prirodno-ekologicheskogo karkasa territorii [Ecological-geographical evaluation of landscape in the formation of the natural-ecological framework of the territory]. *Informatsiia i kosmos [Information and space]*, 2015, no. 1, pp. 62–71. (In Russian)

10. Iurtsev B. A. Ekologo-geograficheskaia struktura biologicheskogo raznoobrazia i strategii ego ucheta i okhrany [Ekologo-geographical structure of biological diversity and the strategy of its registration and protection]. *Biologicheskoe raznoobrazie: podkhody k izucheniiu i sokhraneniui [Biodiversity: approaches to study and conservation]*. St. Petersburg, ZIN RAS Publ., 1992, pp. 7–21. (In Russian)

11. Iagomiagi Iu. E., Mander Iu. E. Poniatie ekotona i vozmozhnost' ego ispol'zovaniia pri otsenke territorii [The concept of ecotone and the possibility of its use in the assessment of the area]. *Uchen. zap. Tart. gos. un-ta [Kazan. Zap. Tart. State University]*, 1982, issue 563, pp. 48–62. (In Russian)

12. Iatsukhno V. M., Pomelov A. S. Territorialnaia organizatsiia agrolandshtafrov i voprosy optimizatsii prirodnoi sredy [Territorial organization of agrolandscapes and the issues of optimization of natural environment]. *Geografiia i prirodnye resursy [Geography and natural resources]*, 1990, no. 2, pp. 13–20. (In Russian)

13. Zaletaev V. S. *Ekologicheskii destabilizirovannaia sreda: ekosistemy aridnykh zon v izmeniaiushchemsya gidrologicheskoi rezhime [Ecologically destabilized environment: the ecosystems of arid zones in a changing hydrological regime]*. Moscow, Nauka Publ., 1989. 148 p. (In Russian)

14. Dmitriev V. V. Ekologicheskoe normirovanie sostoiianiia i antropogennykh vozdeistvii na prirodnye ekosistemy [Ecological regulation of the status and anthropogenic impacts on natural ecosystems]. *Vestnik of Saint Petersburg University. Ser. 7. Geology. Geography*, 1994, issue 2 (№ 14), pp. 60–70. (In Russian)

15. Osipov A. G., Dmitriev V. V. Metodika ekologo-geograficheskogo obosnovaniia agrarnogo osvoeniia territorii [Methods of eco-geographic basis for the agricultural development of the territory]. *Regionalnaia ekologiia [Regional ecology]*, 2004, vol. 1–2 (22), pp. 107–114. (In Russian)

16. Glazovskaia M. A. *Metodicheskie osnovy ekologo-geokhimicheskoi ustoichivosti pochv k tekhnogennym vozdeistviiam [Methodological foundations of ecological-geochemical resistance of soils to anthropogenic impacts]*, Moscow, Moscow University Publ., 1997. 102 p. (In Russian)

17. Glazovskaia M. A. Problemy i metody otsenki ekologo-geokhimicheskoi ustoichivosti pochv i pochvennogo pokrova k tekhnogennym vozdeistviiam [Problems and methods of estimation of ecological-geochemical soil stability and soil cover to anthropogenic impacts]. *Pochvovedenie [Soil science]*, 1990, no. 1, pp. 114–124. (In Russian)

18. Aref'ev N. V., Breusov V. P., Osipov G. K. *Osnovy formirovaniia prirodno-agrarnykh sistem. Teoriia i praktika [Bases of formation of natural agricultural systems. Theory and practice]*. St. Petersburg, Polytechnical University press, 2011. 533 p. (In Russian)

19. Khrisanov N. I., Osipov G. K. *Upravlenie evtrofirovaniem vodoemov [Control of eutrophication of reservoirs]*. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1993. 277 p.

20. Tarabrin N. P., Dodukovskaia O. G. Metodika rascheta erozionnogo indeksa dozhei [The method of calculation of erosion index of rain]. *Zakonomernosti proiavlennii erozionnykh i ruslovykh protsessov v razlichnykh prirodnykh usloviakh [Regularities manifestations of erosion and channel processes in different natural conditions]*. Moscow, MSU Publ., 1981, pp. 78–79. (In Russian)

For citation: Osipov A. G. Integrated assessment of sustainability of landscapes in the creation of agricultural land natural agricultural systems. *Vestnik SPbSU. Series 7. Geology. Geography*, 2016, issue 3, pp. 140–162. DOI: 10.21638/11701/spbu07.2016.312

Статья поступила в редакцию 20 марта 2016 г.

Контактная информация

Осипов Алексей Георгиевич — кандидат географических наук, доцент; zoyaks@yandex.ru
Osipov Alexei G. — PhD, Associate Professor; zoyaks@yandex.ru