

УДК 504.064.2

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ:
МЕТОДОЛОГИЯ, СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПРИРОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА***канд. техн. наук Л.С. ЛИС**(Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси, Минск)*

Обоснованы методические подходы к формированию системы показателей для оценки экологического состояния территорий локального уровня. Предложены два комплексных индекса, характеризующих природно-экологический потенциал и ареалы хозяйственной освоенности, а также показатели структурной организации территории. Описаны методики расчета коэффициента биосферной значимости по всем типам природных образований.

Для разработки новой методологии и тактики природопользования на современном этапе необходимо дальнейшее развитие теоретических представлений о специфике современных закономерностей функционирования в биосфере как отдельных элементов природно-территориальных комплексов (ПТК), так и геосистем различного ранга в целом. Необходимо углубленное переосмысление роли природного фактора в общей системе взаимосвязей биосферных процессов, необходимы новые подходы к оценке разнообразных техногенных воздействий на элементы природной среды, а также их обоснованное ранжирование по степени негативных последствий.

Планирование и управление хозяйственной деятельностью в современных условиях развития общества наряду с применением экономических законов и экономической информации требуют использования данных о состоянии природных ресурсов и их трансформации под действием природных и антропогенных факторов. Для этого необходимы обоснование и разработка новых методов комплексной оценки состояния природных сред и природных ресурсов.

Существующие в настоящее время методы и методики такой оценки [1 – 3] зачастую не отличаются полнотой учета всего разнообразия взаимосвязей и взаимодействий в функционировании структурных элементов биосферы, основаны на различной методологии. Использование таких методик в практической работе приводит к неоднозначности в получаемых оценках состояния территорий, что в свою очередь влечет за собой необоснованность в принятии управленческих решений.

Несмотря на значительный объем разработок, общепризнанных установившихся показателей экологической оценки состояния природно-территориальных комплексов, которые можно было бы использовать в практической работе, не существует.

В Институте проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси разработан вариант комплексной количественной системы оценки экологического состояния территорий локального уровня [4]. Нами использован термин «экологическое состояние» как понятие, раскрывающее «единство отдельного организма, популяции сообщества и среды обитания» [1]. Отмеченное единство может быть выявлено через взаимоотношение субъекта и объекта, через оценку благоприятности условий жизнедеятельности первого (сообщества) в его среде обитания. В этой связи задача состоит в формировании системы косвенных показателей, отражающих, во-первых, уровень эффективности средоформирующих способностей природно-территориальных комплексов и, во-вторых, степень ограничения этих способностей различными воздействиями природного и техногенного характера.

С позиций системного подхода структура ПТК концептуально представлена двумя относительно самостоятельными и одновременно взаимосвязанными и взаимодействующими составляющими. Во-первых, это – природно-экологический потенциал (ПЭП) территории, рассматриваемый нами как экологический актив (позитив) ландшафта, определяющий важнейшие общесистемные свойства – способность выполнять средоформирующую и ресурсовоспроизводящую функции. Во-вторых, это – система противостоящих ему (потенциалу) воздействий (ограничений), оцениваемая нами как экологический негатив, характеризующая в первую очередь интенсивность и масштабы техногенного воздействия на природную среду.

Таким образом, задача по оценке экологического состояния заключается в определении важнейших приоритетных признаков, отражающих существо и степень выявления этих составляющих, и комплексировании таких параметров в критерии, адекватно и полно отражающие их взаимосвязь, взаимозависимость и взаимовлияние в общем биосферном процессе функционирования. Необходимая при этом многоплановость параметрического пространства и несопоставимость единиц измерений используемых характеристик делает оправданным применение в промежуточных расчетах балльных оценок, обеспечивающих необходимое достижение практических результатов.

Первый из комплексных показателей, характеризующий ПЭП, формируется за счет природных элементов структуры и оценивается по показателям эффективности выполнения средоформирующих и ресурсовоспроизводящих функций. Сюда нами отнесены, прежде всего, экологический каркас – пространственная система особо охраняемых природных территорий, а также лесные массивы, болота, естественные кормовые угодья, поверхностные водные объекты, кустарники. Эти образования создают пространственные зоны стабилизации и ландшафтно-стабилизирующие комплексы, препятствующие развитию негативных процессов.

В качестве обобщающего признака природных образований, объединяемых по феноменальным свойствам средоформирующих и ресурсовоспроизводимых способностей, что позволяет сформировать комплексный критерий оценки, нами выбрана занимаемая ареалами этих элементов площадь.

Оценка уровня (эффективности) выполнения природными элементами биосферных функций, их выраженности в каждом конкретном местообитании определяется рядом их характеристик: природным статусом, географическими, биологическими, морфологическими показателями, а также степенью современной трансформации.

Названные характеристики обобщены в коэффициенте биосферной значимости (K_i), который отражает величину такой эффективности и учитывается в расчете таких значений площадей составляющих элементов ПЭП, которые выполняют отмеченные биосферные функции со всей полнотой.

Раскрытие содержательного состава оценки второй составляющей ПТК – нами осуществлено путем дифференциации техногенных нагрузок по четырем видам хозяйственной деятельности: промышленной, сельскохозяйственной, транспортной и демографической. Такой подход позволяет в каждом случае выделить основные источники техногенных воздействий, обосновать состав параметров, характеризующих эти воздействия, и определить зоны, на которые распространяются воздействия.

На основе выполненного выше описательного содержания составляющих структуры ПТК сформировано основное звено системы комплексной оценки экологического состояния. В качестве определяющих показателей системы оценки предложены косвенные интегральные индексы, отражающие важнейшие системообразующие свойства ПТК, – индекс ПЭП ($I_{ПЭП}$) и суммарный показатель ареалов хозяйственной освоенности ($I_{хо}$). Эти показатели выражены в относительном виде и представляют собой доли ареалов природных комплексов с учетом их биосферной значимости в первом случае и зон воздействия техногенных нагрузок во втором – в общей площади оцениваемой территории.

Оценка природно-экологического потенциала. Комплексная характеристика ПЭП (рис. 1) состоит из индекса ПЭП ($I_{ПЭП}$) и параметра самовосстановления-очистки ($K_{сам}$), :

$$I_{пэп} = \frac{\sum (F_{охр} + F_{лес} + F_{бол} + F_{вод} + F_{луг}) K_i}{F_{общ}}$$

где $F_{охр}$, $F_{лес}$, $F_{бол}$, $F_{вод}$, $F_{луг}$ – площади охраняемых территорий, лесных массивов, болотных комплексов, поверхностных водных объектов и естественных лугов на оцениваемой территории соответственно; K_i – коэффициент биосферной значимости для каждого из перечисленных природных компонентов; $F_{общ}$ – площадь оцениваемой территориальной единицы.

Коэффициент биосферной значимости отдельной категории природных компонентов рассчитан по суммарной балльной оценке и выражается в относительном виде:

$$K_i = \frac{\sum B_i}{5n}, \quad i = 1, n,$$

где B_i – балл биосферной значимости отдельного природного комплекса (отдельной зоны), определенный как среднearифметическое значение по анализируемым характеристикам этого комплекса (зоны); n – число учитываемых объектов.

В таком виде коэффициент K_i используется для корректировки территории по каждому из оцениваемых элементов.

Таким образом, каждой категории природных образований придается весовой коэффициент биосферной значимости.

Опишем методики оценки отдельных составляющих ПЭП.

Придерживаясь общепринятых представлений, выделим следующие биосферные функции *особо охраняемых природных территорий (ООПТ)*:

- сохранение эталонных систем и генофонда растительного и животного мира;
- сохранение биологического разнообразия;
- поддержание благоприятного экологического баланса региональным территориям;

- восстановление и воспроизводство природных ресурсов, просветительно-рекреационная, защитная.

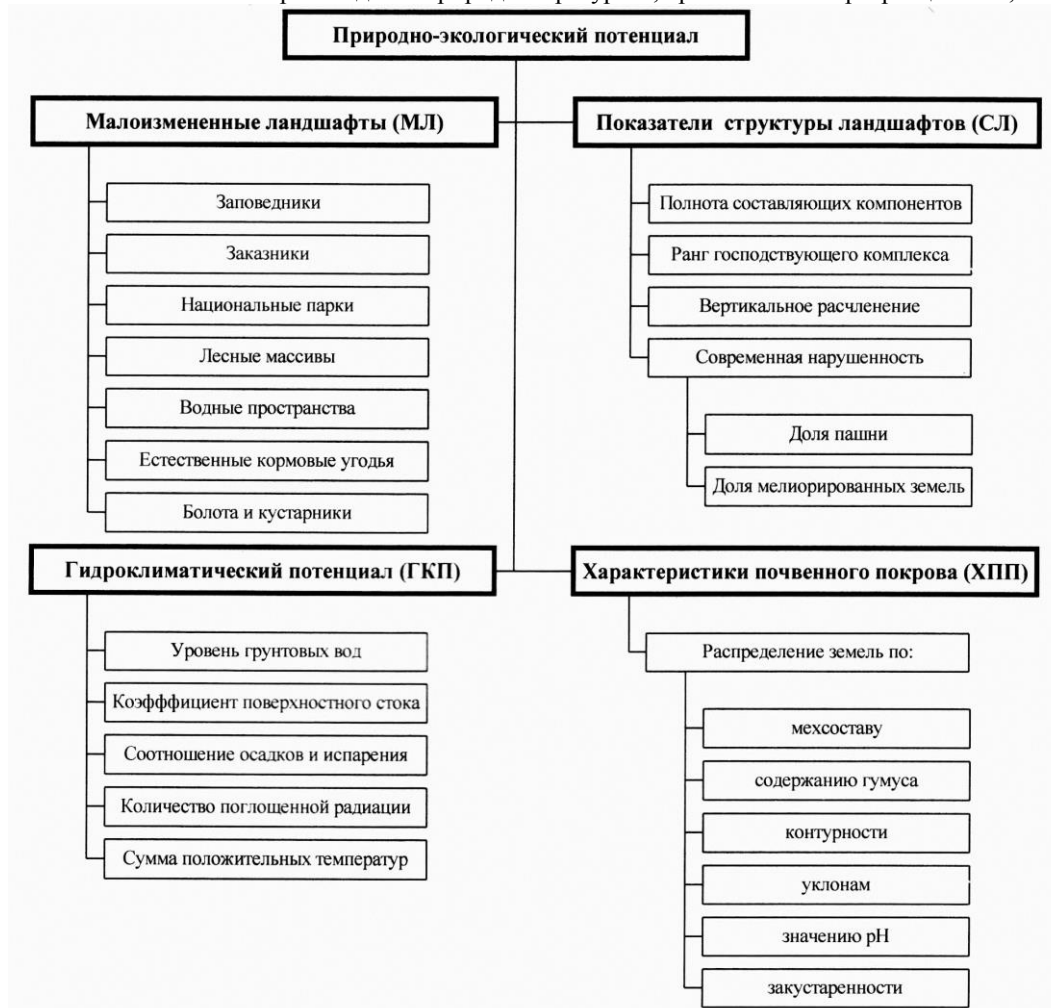


Рис. 1. Структура состава информации для расчета ПЭП

Для оценки биосферной роли ООПТ необходимо учитывать приоритетность всего набора перечисленных биосферных функций, а также их пространственную выраженность в каждой конкретной категории этих объектов. Прежде всего придадим с учетом приоритетности отмеченных биосферных функций в позитивных природных процессах и имеющейся их представительности в объектах весовые коэффициенты [5]: природоохранная (первые три) – 1,0; просветительно-рекреационная – 0,6; защитной – 0,3.

На основании анализа наличествующих биосферных функций по категориям ООПТ с учетом целей (основных и дополнительных), статуса и режимов охраны предложены следующие балльные оценки биосферной значимости (табл. 1).

Таблица 1

Оценка особо охраняемых природных территорий

Категория ООПТ	Тип биосферной функции			Балл оценки
	природоохранная (5)	просветительно-рекреационная (3)	защитная (2)	
Заповедник	++	–	–	5
Заказник	++	+	–	4...5
Национальный парк	+	++	–	3...4
Памятник природы	+	++	–	3...4
Охранные зоны	–	–	++	2

++ – основная функция объекта; + – дополнительная.

Баллы экологической значимости назначены как среднearифметические с учетом весовых коэффициентов, обоснованных ранее (указаны в скобках).

Интервальные оценки применены для учета конкретных особенностей отдельных объектов.

Лесные массивы. Лес – важнейшее средство оздоровления окружающей среды и определяющий фактор регулирования основных природных процессов. Оценку роли лесных массивов производим по следующему набору биосферных функций: *почвоулучшающая, ландшафтно-биологическая, гидрологическая, климатическая, средоочистительная, ресурсная, культурно-рекреационная.*

На основании имеющихся литературных данных [6] были проанализированы взаимосвязи ряда характеристик лесных массивов с уровнем (эффективностью) выполнения ими отмеченных биосферных функций. В качестве определяющих из этих характеристик учтены те, по которым имеются достоверные данные об упомянутой взаимосвязи. Высшая эффективность придавалась тем значениям (количественным или ранговым), для которых используемая в анализе биосферная функция наиважнее, или бесспорно имеет преимущества. На основании установленных тенденций в матрице парных взаимосвязей определены направленные по убыванию эффективности ряды определяющих характеристик в реально существующих границах их изменений. Это позволило обосновать балльные оценки для рангов и интервалов этих характеристик (табл. 2). Ввиду высокой биосферной значимости лесных массивов диапазон оценочных баллов сужен – 3,5...5,0.

Таблица 2

Оценка лесных массивов

Оценочный балл	Параметры						
	гранулометрический состав почв	рельеф	характеристика древостоя				
			порода	возраст	полнота	прирост, м ³ /га	главная рубка, м ³ /га
5	Песчаные	Грядово-холмистый	Ельник*	Молодняк	< 0,9	> 5	до 1,6
4,5	Супесчаные	речные долины	Хвойные	Среднеспелые	0,7...0,9	4...5	1,8
4,0	Суглинистые	Лесовые равнины	Лиственные	Приспевающие	0,5...0,7	3...4	2,0
3,7	Глинистые	Озерно-ледниковые равнины	смешанные с преобладанием лиственных	Преимущественно спелые	0,3...0,5	2...3	2,2
3,5	Торфяные	Моренные равнины	Смешанные	Спелые	<0,5	1...2	2,4

Обобщенный балл массива определяется как средний из суммы баллов по определяющим характеристикам в конкретных условиях. Целесообразно разбиение массива на отдельные выделы и использование средневзвешенных по площади баллов. Суммарный балл однотипных массивов определяется также как средневзвешенный.

Торфяно-болотные экосистемы имеют тесную связь со всей окружающей средой и являются с энергетических позиций аккумулятивными системами, накапливающими органическое вещество и воду. Обладая большой удерживающей способностью (торф в естественном состоянии удерживает 88...97 % воды по объему), эти системы являются определяющими факторами формирования гидрологического режима на больших территориях.

Нами рассмотрен следующий перечень биосферных функций: *гидрологическая, ландшафтно-биологическая, средоочистительная, ресурсная, климаторегулирующая, культурно-рекреационная.*

Для оценки уровня выполнения болотными экосистемами биосферных функций удобно воспользоваться принятой классификацией торфяных месторождений по целевым фондам [7]. В этом случае парные взаимосвязи представлены в таблице 3, а баллы биосферной значимости рассчитаны с учетом наличия (+) или утраты (–) перечисленных биосферных функций (последняя строка).

Таблица 3

Оценка торфяно-болотных экосистем

Биосферная функция	Торфяной фонд			
	природоохранный	земельный	разрабатываемый	запасной и нераспределенный
Гидрологическая	+	+	–	+
Ландшафтно-биологическая	+	+	–	+

Средоочистительная и климаторегулирующая	+	–	–	+
Ресурсная	+	–	+	+
Культурно-просветительная	+	–	–	+
Балльная оценка	5	2	1	5

На основании приведенной таблицы итоговая формула суммарной площади болотных массивов, отнесенная к ПЭП, будет иметь вид:

$$F_{бол} = F_{охр} + F_{нер} + F_{зан} + 0,2F_{раз} + 0,4F_{зем}.$$

Поверхностные водные объекты как элементы природной среды относятся к ландшафтно-стабилизирующим составляющим природно-территориальных комплексов. Им, как правило, сопутствуют защитные кустарниковые и лесные насаждения, прибрежные луга, болотные массивы, что в совокупности способствует сохранению установившегося природного равновесия.

Роль водных объектов в биосфере как природных элементов неотделима от их рассмотрения как *природного ресурса*. Широкое использование воды в хозяйственной деятельности приводит к истощению водных запасов, загрязнению водных объектов сточными водами.

Степень нарушенности поверхностных водных объектов, выражающую ограничения на полноту выполнения перечисленных биосферных функций, мы связываем со степенью их загрязнения. В этом случае для оценки воспользуемся принятым в практике расчетным параметром – индексом загрязненности вод (ИЗВ). В нашей задаче целесообразно воспользоваться упрощенной классификацией классов качества вод (5 классов), придав максимальный балл 5 наиболее чистому первому классу качества и пропорционально снижая его до 1 (5-й класс качества) с интервалами значений ИЗВ: менее 1,0; 1,0...2,5; 2,5...4,0; 4,0...10,0 и более 10,0. Учитывая высокую динамичность водных потоков, при расчете ИЗВ необходимо использовать только оперативные данные по створам наблюдений. В случае отсутствия данных для расчета ИЗВ водотоков и для водоемов

следует использовать набор косвенных характеристик водосборных бассейнов, сформированный нами по имеющейся информации [8] (табл. 4).

Таблица 4

Оценка водных объектов по характеристикам водосборного бассейна

Характеристика водосборного бассейна	Балл оценки
Сельхозугодья до 30 % Заболоченность 30 % и более Лесистость 60 % и более	5
Сельхозугодья до 40 % Отрасли промышленности: легкая, машиностроение, стройматериалов	4
Пахотные земли до 40 %, животноводческие комплексы (крупные), промышленность: пищевая, топливная, лесная, деревообрабатывающая	3
Промышленно-территориальные комплексы, крупные промышленные объекты, орошаемые земли в сельхозугодьях	2
Металлургическая промышленность, нефтехимия, крупные ТЭЦ, сельхозугодья более 60 %	1

Естественные кормовые угодья (луга). Из рассматриваемого для природных элементов набора биосферных функций естественным луговым экосистемам присущи *почвоулучшающая* (положительный баланс органического вещества), *ресурсная* (выпас скота и сенокошение), *гидрологическая* (заливные и заболоченные луга), *ландшафтно-биологическая* (сохранение биологического разнообразия) и *средоочистительная* (физико-химические барьеры).

Устойчивое функционирование луговых экосистем обеспечивается только при условии нормированного потребления их продукции при выпасе скота и сенокошении. В этом случае оценку биосферной значимости этих образований мы связываем с обобщенным показателем нагрузки – количеством прикрепленного скота на единицу площади. Выбрав в качестве нормативного значения плотности скота величину 3 [9], получаем формулу для расчета балла биосферной значимости естественных лугов ($B_{луг}$):

$$B_{луг} = (8 - K_{y.e.})/5,$$

где $K_{y.e.}$ – количество скота (условных единиц) на 1 га кормовых угодий ($K_{y.e.} \leq 8$).

Помимо рассмотренных природных образований с позиций системных представлений о биосфере к ПЭП следует отнести естественную устойчивость природно-территориальных комплексов к техногенным воздействиям. В нашей задаче этот феномен рассматривается как потенциальная способность территориального комплекса к самовосстановлению-самоочищению после техногенных воздействий (загрязнений).

Классические разработки МГУ [10, 11], основанные на анализе свойств и режимов почв, на оценках потенциальной эколого-геохимической опасности и эколого-геохимической устойчивости во временном разрезе, объединены методически оценками процессов трансформации, накопления и выноса техногенных веществ в объеме почвы. Принимаются во внимание также степень подвижности токсических элементов и их доступность для растительности.

Основываясь на приведенных подходах, нами выполнен анализ по имеющимся литературным данным тенденций развития процессов динамики трансформации продуктов техногенеза в почве, при этом в качестве определяющих факторов нами использованы обобщенные показатели структуры и физико-химических условий территориальных комплексов, детализированные до предметных характеристик (имеющейся статической информации).

Интенсивность выноса и рассеяния загрязняющих веществ за пределы оцениваемой территории определяется в общем плане структурой ПТК, гидроклиматическими и геохимическими условиями. Скорость разложения токсикантов (метаболизм) существенным образом связана с климатическими условиями, а также с показателями водного режима почв. Аккумуляция и закрепление продуктов техногенеза обусловлена геохимической обстановкой и сорбционными характеристиками почв и растительности. Отмеченные обобщенные параметры структуры и условий детализированы до предметных характеристик (рис. 2), что позволяет провести системный анализ парных взаимосвязей по каждому из них с выявлением тенденций изменения процессов трансформации.

Такой анализ для почвенного покрова показал, что достаточно правомерно для вида парных связей использование линейной возрастающей или убывающей зависимости.

Для оценки степени влияния каждой из анализируемых характеристик использована 5-балльная система, а весь их набор классифицирован на 3 информационных блока, (рис. 2, а). Свертывание оценок по трем рассматриваемым процессам в обобщенную осуществлено по принципу суммарного эффекта, при этом процессам выноса и разложения придан знак плюс, а аккумуляции – минус. Объединенная оценка по каждому информационному блоку определена по принципу бонитировочных шкал: влияние составляющих факторов суммировано, а результирующий параметр выражен через среднеарифметическое или средневзвешенное ($B_{np,1-3}$).

Общая оценка определена также как среднеарифметическая из трех приведенных баллов, а коэффициент самовосстановления-самоочищения представлен в относительном виде при 50 % вероятности реализации события:

$$K_{сам} = \frac{50 + 10B_{np}}{100}$$

Самоочищение водных объектов связано с выносом загрязняющих веществ, растворением до неопасных форм и связыванием их в донных отложениях. Определяющими факторами в этих процессах соответственно являются скорость течения (водотоки), объемы воды, проточность (озера, водохранилища). Принято, что хорошие условия очищения водотока создаются при скорости течения > 3 м/с, хорошие условия перемешивания и разбавления – при соотношении объемов поступающих стоков и объемов воды 1:50. Исходя из таких предпосылок получаем условие самоочищения для водоемов: $Sh > 50 Q_{ст}$, где S – площадь зеркала воды; h – средняя глубина; $Q_{ст}$ – объем поступающих стоков.

Для водных потоков при отсутствии данных о скоростях течения можно воспользоваться полученной нами корреляционной зависимостью для малых рек Республики Беларусь:

$$Q_{cp} = 4,725 F \cdot 10^{-2} + 1,375 H \text{ (м}^3\text{/с)},$$

где F – площадь водосбора (км²); H – наклон поверхности (%).

Балльные оценки для расчета коэффициента самоочищения водных объектов приведены на рисунке 2, б.

В самоочищении атмосферы важнейшими процессами являются осаждение загрязняющих частиц техногенных аэрозолей на почву и растительность, а также унос их с оцениваемой территории воздушными потоками, вымывание осадками. Эти явления напрямую связаны с метеорологическими условиями, и прежде всего со скоростью ветра, количеством осадков, инверсией температуры, периодичностью

штормов, бурь и т.п. Процессы самоочищения атмосферы важны для городских поселений, а в задачах территориальных оценок нами не рассматриваются.

Таким образом, имеющаяся способность ПТК к самовосстановлению-самоочищению, характеризуемая коэффициентом самовосстановления-самоочищения ($K_{сам}$), методически используются при расчетах второго комплексного индекса системы оценки – индекса хозяйственной освоенности ПТК.

В качестве примера приведем расчет индекса природно-экологического потенциала административного района Беларуси (Пружанский р-н Брестской области) согласно предложенной методике (табл. 5).

Таблица 5

Расчет $I_{ПЭП}$ для административного района

Исходные данные	Балл	Расчет
<i>Особо охраняемые природные территории:</i>		
Национальный парк «Беловежская пуща», площадь 52 061 га	3,5	Средневзвешенный балл: $B_{св} = \frac{52061 \cdot 3,5 + 11300 \cdot 4,0}{63360} = 3,58$
Заказники (суммарно), площадь 11 300 га	4,0	Коэффициент биосферной значимости: $K_{опр} = 3,58 / 5 = 0,716$ Учитываемая площадь: $F_{опр} = 63360 \cdot 0,716 = 45370$ га
<i>Лесные массивы (суммарно):</i>		
Площадь 123 450 га		
Породный состав, %:		
еловые – 3,7	5,0	$B_{св} = 4,5 \cdot 0,596 + 4,0 \cdot 0,367 + 5,0 \cdot 0,037 = 4,34$
хвойные – 59,6	4,5	$B_{св} = 5,0 \cdot 0,37 + 4,5 \cdot 0,427 + 4,0 \cdot 0,157 + 3,7 \cdot 0,046 = 4,54$
лиственные – 36,7	4,0	
Возрастной состав, %:		
молодняки – 37,0	5,0	$B_{св} = 4,5 \cdot 0,731 + 3,5 \cdot 0,269 = 4,23$
среднеспелые – 42,7	4,5	$B_{лес} = 4,34 + 4,54 + 4,5 + 5,0 + 4,0 + 4,0 + 4,23 = 4,37$
приспевающие – 15,7	4,0	
спелые – 4,6	3,7	$K_{лес} = 4,37 / 5 = 0,874$
Полнота древостоя (ср) – 0,71	4,5	
Главные рубки, м ³ /га, – 1,1	5,0	$F'_{лес} = 123450 \cdot 0,874 = 107895$ (га)
Рельеф	4,0	
Прирост, м ³ /га, – 3,37	4,0	
Состав почв:		
суходольные – 73,1	4,5	
болотные – 26,9	3,5	
<i>Поверхностные водные объекты:</i>		
Общая площадь 3 825 га, в том числе:		$B_{св} = \frac{4,0 \cdot 2380 + 4,0 \cdot 1445}{3825} = 4,0$
реки – 2 380 га, ИЗВ = 1,5,	4,0	$K_{во} = 4 / 5 = 0,80$
водохранилища, каналы – 1 445 га	4,0	$F'_{во} = 3825 \cdot 0,8 = 3056$ (га)
<i>Болотные массивы:</i>		
Общая площадь 37300 га		$B_{св} = \frac{8100 \cdot 5,0 + 2600 \cdot 2 + 3200 \cdot 1}{37300} = 2,57$
Распределение по целевым фондам, га:		$K_{бол} = 2,57 / 5 = 0,513$
природоохранный – 8 100	5,0	$F'_{бол} = 37300 \cdot 0,513 = 19135$ (га)
земельный – 26 000	2,0	
разрабатываемый – 3 200	1,0	
<i>Сенокосы и пастбища (естественные):</i>		
Общая площадь 13 800 га		$K_{к.у.} = \frac{8 - 3,4}{5} = 0,92$
Количество с/х животных на 1 га кормовых угодий – 3,4 условных единицы		$F'_{к.у.} = 13800 \cdot 0,92 = 12700$ (га)

Итого: учитываемая площадь малоизмененных природных ландшафтов, га:

$$F' = F_{опр} + F_{лес} + F_{бол} + F_{в.о.} + F_{с+п} = 172355;$$

$$I_{ПЭП} = \frac{172355}{283000} = 0,609.$$

Отличительной чертой методического подхода в предлагаемой системе оценки является обращение к индивидуальным характеристикам рассматриваемых природных комплексов, что позволяет определить их биосферную значимость в конкретном местоположении, используя в том числе и приемы по дифференциации данного образования на отдельные участки (ареалы), имеющие отличия в учитываемых характеристиках. Такая методология в отличие от использования обобщенных показателей [12] или баллов для принятой систематизации [13] выигрышна с позиций большей точности в назначении оценок за счет учета реальной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченко А.Г. Экологический потенциал ландшафта // Изв. Всесоюз. геогр. об-ва. – 1992. – Вып. 4. – С. 305 – 316.
2. Рыбалов А.А. Качество окружающей среды: методические подходы, оценки: Обзор, информ. ВИНТИ. – М, 2001. – Вып. 1. – С. 12 – 67.
3. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Методические основы геоэкологической оценки урбанизированных территорий // Геоэкология. – 1995. – № 5. – С. 63 – 70.
4. Лис Л.С. Оценка экологического состояния природно-территориальных комплексов (локальный уровень). – Мн.: Прин групп, 2004. – 109 с.
5. Денискин В.В., Нахимовская Ю.Д., Кревер В.Г. Заповедники и другие особо охраняемые территории СССР: Обзор информ. / Всесоюз. НИИ информ. и техн.-эконом. исслед. по сельск. хоз., ВАСХНИЛ – М., 1985. – 62 с.
6. Молчанов А.А. Влияние леса на окружающую среду. – М.: Наука, 1973. – 359 с.
7. Тановицкий И.Г. Рациональное использование торфяных месторождений и охрана окружающей среды – Мн.: Наука и техника, 1980. – 40 с.
8. Водохранилища и их воздействия на окружающую среду / Отв. ред. Г.В. Воропаев, А.Б. Абалян. – М.: Наука, 1986. – 366 с.
9. Миркин Б.М. Экология естественных и сеяных лугов / Подписная серия: Сельск. хоз-во. – М.: Знание, 1991. – № 8. – 64 с.
10. Глазовская М.А. Методические основы геохимической устойчивости к техногенным воздействиям: Методич. пособие. – М.: МГУ, 1997. – 102 с.
11. Глазовская М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных сред к самоочищению // Техногенные потоки веществ в ландшафтах и состояние экосистем: Сб. тр. / Ред. М.А. Глазовская. – М.: Наука, 1981. – С. 7 – 41.
12. Брилевский М.Н., Вейченко А.Н., Гачина В.Н. и др. Геоэкологическая оценка качества окружающей среды Минской области. Природно-хозяйственные регионы Беларуси: Монография / Под науч. ред. А.Н. Вейченко. – Мн.: БГУ, 2005. – С. 148 – 169.
13. Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.