

Павличенко Л.М.,
Есполаева А.Р.

**Проблемы объективизации
комплексной экологической
оценки геосистем**

На основе обзора литературных источников выделяются две основные проблемы при проведении комплексной экологической оценки – классическая проблема для любых видов экспертных оценок проблема субъективизма выбора параметров и проблема построения полных оценочных шкал. Решение первой проблемы возможно путем использования целевой функции на основе уравнения множественной линейной регрессии. Вторая проблема намного сложнее, поскольку необходима информация о воздействии на биоту полного диапазона действующих факторов, т.е. привлечение независимых оценок из смежных областей знаний. В статье приводится накопленный авторами опыт в построении оценочных шкал

Ключевые слова: комплексная экологическая оценка геосистем, выбор параметров, оценочные шкалы, целевая функция.

Pavlichenko L.M.,
Yespolaeva A.R.

**Problems objectification
integrated environmental
assessment geosystems**

Based on the review of the literature identifies two main problems in conducting integrated environmental assessment –classical for any kind of expert assessments subjective parameter selection problem and the problem of building a full scale. Solution of the first problem is possible through the use of an objective function based on multiple linear regression equation. The second problem is much more complicated, since information is needed on the effects on the biota of the full range of operating factors, ie the use of independent assessments from related fields of knowledge. The article presents the authors gained experience in building rating scales

Key words: integrated environmental assessment geosystems, the choice of parameters, rating scales, the objective function.

Павличенко Л.М.,
Есполаева А.Р.

**Геозкожүйенің кешенді
экологиялық бағалаудың
нысандау мәселелері**

Әдебиеттерге шолу негізінде кешенді экологиялық бағалауды жүргізуде екі негізгі мәселелерді- параметрлерді таңдау субъективизм мәселелерін кез келген сараптамалық бағалаудың классикалық түрі және толық бағалау шкаласын құру мәселесі ажыратылады. Көптеген сызықтық регрессияны теңестіру негізінде мақсатты функцияны пайдалану жолымен бірінші мәселені шешуге болады. Екінші мәселе күрделірек, әсер етуші факторлардың толық диапазон биотасына әсері туралы ақпарат қажет, яғни іргелес аймақтан тәуелсіз бағалауды қызықтыру. Мақалада бағалау шкаласын құруда авторлардың жинақталған тәжірибесі көрсетіледі.

Түйін сөздер: геозкожүйенің кешенді экологиялық бағлауы, параметрлерді таңдау, бағалау шкаласы, мақсатты функция.

**ПРОБЛЕМЫ
ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ
КОМПЛЕКСНОЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
ОЦЕНКИ
ГЕОЭКОСИСТЕМ****Введение**

Характерными чертами техногенного типа развития являются высокая природоемкость, истощительное использование невозобновимых природных ресурсов, гиперэксплуатация возобновимых природных ресурсов со скоростью, превосходящей их воспроизводство, постоянно возрастающее воздействие на окружающую среду превышающее возможности ассимиляции. В настоящее время, когда общественные потребности становятся соизмеримыми с возможностями биосферы, а иногда и превосходят их, актуальными становятся исследования, посвященные определению максимально допустимого антропогенного давления на природные системы для обеспечения экологически безопасных и здоровых условий жизни населения, рационального природопользования и ресурсосбережения.

Экологическая оценка ландшафта – особое направление современной географии, основной целью которого является изучение природных и природно-антропогенных ландшафтов как среды жизни и оценка степени их благоприятности или неблагоприятности под своеобразным «экологическим» углом зрения. При таком подходе главной задачей становится исследование связей в геосистемах, модели которых можно отнести к группе субъект-объектных. Такие системы включают два взаимодействующих блока, один из которых выделяется в качестве «субъекта» экологической оценки (в общей формулировке – живое), другой рассматривается как «объект», в качестве которого выступают экологические факторы, природные комплексы или их компоненты, оказывающие влияние на живое. Оценить объект, как отмечает Л.И. Мухина [1], можно только по обусловленному им состоянию субъекта. Этот принцип определяет логику проведения экологической оценки, которая учитывает отношение между блоками и учитывает связи, возникающие в процессе их взаимодействия. Важным этапом исследований является выбор субъектов и объектов, а также разработка критериев и параметров экологической оценки ландшафтов и методов ее проведения.

Материалы и методы

В литературных источниках предлагаются разные методы комплексной экологической оценки природно-техногенных систем, однако экономическая, географическая и социальная специфика оцениваемых территорий не снижает актуальности задач выбора наиболее значимых факторов и разработки частных оценочных шкал, определяющих уровень их воздействия. Сложность решения последней задачи, как было замечено Л.И. Мухиной еще в 1973 г. [1], определяется тем, что при проведении конкретных оценочных работ экспериментальный набор значений показателя часто оказывается более узким и не достигает критических величин, в связи с чем при разработке шкал частных оценок исследователь сталкивается лишь с однонаправленными изменениями показателей субъекта и объекта (либо в восходящей, либо в нисходящей части кривой толерантности).

Понятие «комплексная экологическая оценка» (КЭО) в настоящее время является многозначным, поскольку объектом оценивания выступают как отдельные объекты, их совокупности, так и совокупности параметров описания объектов. Многообразие видов КЭО обусловлено также различием целей, способов проведения, объема оцениваемых компонентов, природы параметров и объектов. При построении КЭО в отсутствие унифицированной методики разработчики часто самостоятельно вводят понятия комплексности оценки, степени ее информативности, разрабатывают методики получения комплексной оценки, взаимосвязей параметров и их классификации. Учет пространственного распределения параметра переводит комплексную оценку в геоэкологическую, формируя новые критерии экологического районирования антропогенного воздействия на изучаемую территорию с учетом возможности самовосстановления ландшафтов.

Классическая оценка состояния природных систем выполняется на основе сравнения с эталонными системами и возможна на измерении степени превышений количественных значений экологических факторов. В качестве эталонов оптимального состояния природной среды чаще всего выступают разнообразные нормативы. При оценке же воздействия экологических факторов на состояние природной среды должны учитываться взаимосвязи воздействующих факторов с ответной реакцией геозкосистем на это воздействие. Здесь возникает проблема фикса-

ции порогового значения реакции биотической составляющей, когда воздействие экологического фактора становится негативным. Чаще всего в качестве пороговых значений принимают значения ПДВ и ПДС, превышение которых ведет к нарушению ПДК соответствующих загрязнителей в воздухе, почве, подземных и поверхностных водах [1-3].

Поскольку для каждого живого организма существует экологическая ниша оптимальных условий среды, вполне естественным является факт существования оптимального диапазона значений для каждого воздействующего фактора, при этом негативными окажутся отклонения, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения от оптимальных условий. Именно поэтому одним из ключевых моментов при оценке воздействия является разработка шкал частных оценок, в процессе составления которой необходимо привести в соответствие две группы показателей, одна из которых характеризует состояние экологического фактора, другая – состояние биотической составляющей геозкосистемы. Логика оценивания приводится в [2] и выглядит следующим образом: изучение фактора и его показателей, сбор информации об экологических связях и выявление ответных реакций биотической составляющей, выбор критериев и разработка частных оценочных шкал, оценка воздействия фактора и установление пространственного варьирования, которое может быть вынесено на отдельные карты.

Итак, проблема оценки воздействия конкретного экологического фактора сводится к выбору набора параметров, наиболее объективно характеризующих этот фактор, и построению их оценочных шкал. При комплексной оценке необходимо учитывать не только интенсивность воздействия каждого экологического фактора, но и его роль (значимость) в формировании благоприятных или негативных условий существования биосистем. Поскольку значимость каждого экологического фактора и направленность (знак плюс или минус) его воздействия определяется целью комплексных оценок (благоприятность или неблагоприятность с позиций объекта, на который оказывается воздействие), Р. Пэнтл предложил оценочную функцию назвать целевой, а самый простой вид такой комплексной оценки выбрать в виде уравнения линейной множественной регрессии [4]:

$$КЭО = \sum_{\text{возд.}} = a_1 \cdot f_1 + a_2 \cdot f_2 + \dots + a_n \cdot f_n ,$$

где f_i – значение конкретного экологического фактора ($i = 1, 2, \dots, n$) в точке наблюдения;

a_i – весовой коэффициент, учитывающий направленность (знаком плюс или минус) и значимость (вес) этого фактора в формировании суммарного уровня воздействия.

Для удобства использования этой функции весовые коэффициенты обычно нормируют по сумме их абсолютных значений на 100, 10 или 1. Чтобы не иметь дела с большими числами, прием последний способ. В этом случае средняя нагрузка на параметр составит $1/n$. Увеличение нагрузки выше этой величины показывает повышенную роль фактора, описываемого соответствующим параметром, в формировании общей ситуации с антропогенным воздействием.

При выполнении оценок воздействия часто приходится сталкиваться с фактом отсутствия количественных данных по воздействующим экологическим факторам, в этом случае прибегают к методам экспертной оценки, обобщающим накопленный опыт по исследованию воздействий различных экологических факторов. Однако и в этом случае остаются проблемы выбора наиболее значимых факторов и разработки частных и интегральных шкал.

В разработанных разными зарубежными организациями руководствах роль интегрированного показателя экологической оценки играют индикаторы отдельных разнообразных воздействий [14]. Термин «индикатор» соответствует термину «критерий» в отечественной литературе и должен отражать проблему в широком смысле. Так, например, уровень тяжелых металлов в почве указывает не только загрязнение металлами, но и обычно ситуацию токсического загрязнения. Индикаторы также могут агрегировать отдельные части информации, например, индекс качества воды или индекс эмиссии парниковых газов. Имеются попытки построения обобщенных показателей на основе многомерных моделей, осуществляющих свертывание информации (компонентный и факторный анализ, кластерный анализ, метод группового учета аргументов) [15].

Результаты и обсуждение

Следует отметить, что в нашем случае целевая функция понимается не в классическом математическом смысле – критерия при сопоставлении альтернатив с помощью различных методов оптимизации, а как функция, реализующая цель оценки. Здесь процедура оптимизации сводится

к простому перебору коэффициентов значимости a_i с соблюдением условия равенства суммы их абсолютных величин выбранной норме.

Проблема субъективизма в экологических оценках присутствует всегда, исходя из сути самой экологической оценки – по степени благоприятности или неблагоприятности существования субъекта (цель оценки), а субъективизм экспертов, выполняющих такие оценки, заключается в выборе набора анализируемых параметров. Выбор наиболее значимых факторов обычно обосновывается анализом географических, экологических, экономических и социальных условий оцениваемой территории по серии опубликованных работ, статистических и мониторинговых данных.

Понятно, что для учета всех значимых факторов потребуется большое число параметров, поскольку каждый из факторов зависит от нескольких измеряемых параметров. Для упрощения определения роли каждого из этих параметров в комплексной экологической оценке авторы использовали аналогию с методами экологической оценки ландшафтов, предложенными советской школой географов [1, 3, 5]. В этих методах предлагается сначала строить частные экологические оценки (частные целевые функции в нашем случае), а затем комплексную экологическую оценку как сумму частных (интегральную, или суммарную целевую функцию).

Ограничения на количество выбранных параметров должны опираться на достаточную для целей оценок точность результатов. Здесь также можно воспользоваться накопленным ранее опытом экспертных оценок, учитывающих, что без учета эффектов взаимодействия факторов влияния точность оценки будет возрастать при увеличении их числа. Методы инженерной экологии (в частности, при построении генеральной экологической таблицы) показывают, что удовлетворительным по точности является уже число факторов, равное пяти [5].

Наиболее ответственным моментом, определяющим степень объективности комплексных экологических оценок, является построение частных оценочных шкал. Если каждый параметр из доступного их набора оценивается по шкале, построенной на основе независимых исследований всего возможного диапазона его изменений, можно говорить об объективности комплексных оценок, поскольку шкала последних определяется видом целевой функции.

Примерами выполненных авторами частных и обобщенных экологических оценок являются

ся работы [6-11]. В этих работах набор наиболее значимых для комплексной оценки антропогенного воздействия параметров обоснован обобщающими литературными источниками, статистическими данными и картографическим материалом.

Пример решения проблемы полноты оценочных шкал подробно рассмотрен в работе [9] при использовании модели целевой функции для оценки процессов опустынивания в Казахстане на основе данных статистической отчетности и справочников. В качестве значимых параметров были выбраны: 1) вероятность (%) атмосферных засух с различной интенсивностью по показателю увлажнения Г.Т. Селянина в период июль-август; 2) вероятность (%) лет с очень (или слабо) интенсивным суховеем в первую декаду июля; 3) доля площади пахотных угодий в регионе, %; 4) относительная урожайность яровой пшеницы с учетом временного тренда, %; 5) уровень рентабельности (убыточности) сельскохозяйственных предприятий от реализации продукции растениеводства, %; 6) уровень рентабельности (убыточности) сельскохозяйственных предприятий от реализации продукции животноводства, %; 7) доля площади, удобренной органическими и минеральными удобрениями, пахотных земель, %; 8) коэффициент напряженности по эродированности почв сельскохозяйственных угодий, доли единицы; 9) коэффициент напряженности по эродированности почв пахотных угодий, доли единицы; 10) лесистость региона, %.

На первый взгляд, параметр пашня (или распаханность), с точки зрения развития процессов деградации геозкосистем, должен иметь линейную шкалу, т.к. отражает прямое антропогенное воздействие. Именно этот «первый» взгляд как раз и является примером «узкого» подхода к построению оценочных шкал. четко прослеживается справедливость замечания Л.И. Мухиной об узости исследуемого диапазона.

В самом деле, в период повышенного техногенного давления на природную среду в нашем сознании укоренились представления о необходимости минимизации этого давления. Однако при недостаточности пахотных земель возникает угроза существованию субъекта экологической оценки – человечество не может жить, не потребляя, т.е. не используя природу. Значит, надо искать другие критерии, приемлемые как для человека, так и для природных систем – определить уровень техногенного воздействия, при котором самовосстановление природных систем окажется еще возможным.

Этот критерий можно найти из литературных источников. Так, в работе [12] показано, что 40% распаханности территории является верхним пределом, при котором еще возможно самовосстановление экосистем. Превышение этого предела вызывает негативные последствия. Таким образом, величине 40% распаханности имеет смысл присвоить ноль баллов негативного воздействия. По мере увеличения распаханности оно будет возрастать, скорее всего, по экспоненциальному закону, приближаясь к «зоне насыщения» – 100%.

С другой стороны, уменьшение антропогенного воздействия приводит к увеличению возможностей самовосстановления геозкосистем, рост которых вызывает позитивные сдвиги, выражающиеся в уменьшении степени деградации. Следовательно, диапазону распаханности от 0 до 40% мы должны присвоить отрицательные величины баллов – от минус 10 до 0, чтобы при умножении на положительную весовую нагрузку на этот признак, отражающую антропогенную направленность его воздействия, получить улучшение экологической ситуации. Поэтому вид кривой, отражающей рост способности самовосстановления геозкосистем, также будет иметь асимптоту, но уже при минус 10 баллах. Как видно из этого весьма приближенного описания, в целом кривая будет напоминать классический колокол (кривая толерантности), отражающий зону существования всего живого – экологическую нишу. Итак, при выполнении обязательного условия построения оценочных шкал по полному диапазону изменений параметра неизбежно проявляются наиболее общие экологические закономерности.

Тем не менее, ввиду отсутствия в литературе формализованного описания количественных соотношений между степенью деградации экосистем и величиной распаханности, для выполнения практических исследований приходится аппроксимировать кривую отрезками прямой линии. Фактически мы будем иметь сплайн из двух отрезков с разным наклоном. В этом случае цена одного балла негативного воздействия окажется равной 6% (60%/10), а позитивного – минус 4%. Итак, для построения оценочной шкалы антропогенного воздействия, провоцирующего неопустынивание, мы имеем пока три точки: 10 баллов неблагоприятности имеет величина распаханности, равная 100%; минус 10 баллов неблагоприятности имеет величина распаханности, равная 0%. Нулевой балл присваивается предельной возможной величине распаханности

– 40%. Границы классов частной экологической оценки: 1 класс – от минус 10 до минус 5 баллов включает величины распаханности территории в диапазоне от 0 до 20%; 2 класс – от минус 5 до 0 баллов, что соответствует распаханности территории от 20 до 40%; 3 класс – от 0 до 5 баллов, а площади распаханности от 40 до 70%; 4 класс – от 5 до 10 баллов для распаханности территории в пределах от 70 до 100%.

Приведем еще один пример из этой же статьи – теперь уже для позитивного параметра – процентного значения площади, занятой лесами – хвойными, лиственными и саксауловыми. Как и предыдущий параметр, он имеет предельную зону положительного влияния на процессы самовосстановления геоэкосистем ~20-25% от зонального его значения по территории (примем 20%). В случае превышения этих величин, естественно, возрастает возможность самовосстановления геоэкосистем, т.е. увеличивается позитивное воздействие этого фактора, способствующего сдерживанию опустынивания. Лесистость территории менее 20% негативно сказывается на процессах самовосстановления (знак влияния изменяется). Шкалу строим по аналогии с параметром распаханности, учитывая сдвиг границ и обратную нумерацию классов, поскольку направленность воздействия позитивных факторов уже учитывается отрицательным знаком весовой нагрузки этих факторов в целевой функции.

Так, для построения оценочной шкалы природного воздействия, сдерживающего опустынивание, мы имеем три точки: минус 10 баллов позитивного воздействия (максимум неблагоприятности) при отсутствии леса (0%); 10 баллов позитивного воздействия (минимум неблагоприятности) при полной лесистости территории (100%); 0 баллов присваивается оптимально возможной величине позитивного воздействия при залесенности территории 20%. Границы классов частной экологической оценки: 1 класс – от 10 до 5 баллов включает величины лесистости района в диапазоне от 100% до 60%; 2 класс – от 5 до 0 баллов – величины лесистости от 60 до 20%; 3 класс – от 0 до минус 5 баллов имеет площадь лесистости от 20 до 10%; 4 класс – от минус 5 до минус 10 баллов – лесистости территории менее 10%. Для 1 и 2 классов цена одного балла составляет 0,08 (8%), а для 3 и 4 классов – 0,02 (2%).

Однако самой распространенной является проблема отсутствия фактических значений выбранных для оценивания параметров. Здесь проявляется известный всем исследователям ин-

формационный парадокс – при общем избытке информации всегда ощущается недостаток конкретной информации для целей исследователя. Географам в этом отношении хорошим подспорьем являются опубликованные всевозможные тематические карты, которые являются экспертным обобщением изменений во времени и пространстве множества параметров, значения которых напрямую мы использовать не имеем возможности.

Такая информация представлена на картах в виде площадных, линейных и точечных параметров, которые мы должны перевести в матричную числовую информацию с помощью построения сеточной модели территории (прием, перенесенный нами из гидрогеологического моделирования). Однако проблема построения оценочных шкал остается и в этом случае. Наиболее удобными для использования при построении КЭО являются оценочные карты антропогенного изменения отдельных параметров.

В качестве оценочных шкал здесь выступают экспертные классификации уровня антропогенного воздействия, число которых обычно составляет 5 при десятибалльной полной шкале. Примером такой оценки можно рассматривать построенные нами частные экологические оценки вклада НГД в общую экологическую ситуацию Мангистауской области по рельефу и растительности.

Выводы

Экологическая оценка геосистем как направление современной географии относится к группе субъект-объектных моделей, поскольку ставит задачей оценку степени благоприятности или неблагоприятности существования для «субъекта» экологической оценки (в общей формулировке – живое) в окружающей среде (рассматривается как «объект», в качестве которого выступают экологические факторы, природные комплексы или их компоненты, оказывающие влияние на живое). Проблема оценки воздействия конкретного экологического фактора сводится к выбору набора параметров, наиболее объективно характеризующих этот фактор, и построению их оценочных шкал. При комплексной оценке необходимо учитывать не только интенсивность воздействия каждого экологического фактора, но и его роль (значимость) в формировании благоприятных или неблагоприятных условий существования биосистем.

Комплексная экологическая оценка в виде уравнения линейной множественной регрессии, в которой значимость каждого экологического фактора определяется коэффициентом в уравнении, а направленность (знак плюс или минус) его воздействия определяется плюсом комплексных оценок (благоприятность или неблагоприятность с позиций объекта, на который оказывается воздействие), по предложению Р. Пэнтла называется целевой оценочной функцией. Проблема субъективизма в экологических оценках присутствует всегда, исходя из сути самой экологической оценки – по степени благоприятности или неблагоприятности существования субъекта (цель оценки), а субъективизм экспертов, выполняющих такие оценки, заключается в выборе набора анализируемых параметров. Выбор наиболее значимых факторов обычно обосновывается анализом географических, экологических, экономических и социальных условий оцениваемой территории по серии опубликованных работ, с привлечением статистических и мониторинговых данных.

Ограничения на количество выбранных факторов (параметров в частных экологических

оценках) должны опираться на достаточную для целей оценок точность результатов, которая будет возрастать при увеличении их числа. Методы инженерной экологии показывают, что удовлетворительным по точности является уже число факторов, равное пяти.

Наиболее ответственным моментом, определяющим степень объективности комплексных экологических оценок, является построение частных оценочных шкал. Если каждый параметр из доступного их набора оценивается по шкале, построенной на основе независимых исследований всего возможного диапазона его изменений, можно говорить об объективности комплексных оценок, поскольку шкала последних определяется видом целевой функции.

Полный диапазон изменений действующих факторов устанавливается по данным об уровнях их воздействия на биоту и требует привлечения разнообразной информации из смежных наук. Очень часто такая информация отсутствует, в этом случае используются экспертные оценки, применение которых даже при уровне квантования 2 (оценки «да» или «нет») при выборе 5 параметров дают приемлемую ошибку (менее 5%).

Литература

- 1 Мухина Л.И. Принципы и методы технологической оценки природных комплексов. – М.: Наука, 1973. – 94 с.
- 2 Авессаломова И.А. Экологическая оценка ландшафтов. – М.: МГУ, 1992. – 88 с.
- 3 Чепурных Н.В., Новоселов А.Л. Планирование и прогнозирование природопользования: учебное пособие. – М.: Интерпракс, 1995. – 288 с.
- 4 Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды. – М.: Мир, 1979. – 215 с.
- 5 Гмошинский В.Г. Инженерная экология. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
- 6 Павличенко Л.М., А.С. Нысанбаева. Оценка рекреационного воздействия климатических факторов казахстанского Прикаспия. Доклады к международной научно-практической конференции «Современные проблемы геоэкологии и соэкологии». Алматы, 22-23 января 2001 г. – Алматы: «Шартапар», 2001. – С. 357-363.
- 7 Павличенко Л.М., Мустопина Ж. Комплексная оценка начальной стадии разработки месторождения Каракудук на окружающую среду. Материалы международного симпозиума «Стратегия и методы оценки экологического риска аридных и горных территорий». Алматы, октябрь 2001. – С. 90-95.
- 8 Павличенко Л.М., Урикбаева З.С., Чигаркин А.В. Экспертная оценка антропогенного воздействия на природную среду Кызылординской области с помощью целевой функции // Вестн. КазНУ. Сер. экол. – 2002. – № 1 (10). – С. 70-74.
- 9 Павличенко Л.М., Таланов Е.А., Достай Ж.Д., Чигаркин А.В. Ранжирование областей Казахстана по интенсивности опустынивания методом построения целевой функции // Гидрометеорология и экология. – 2005. – № 2. – 12 – С. 201-212.
- 10 Павличенко Л.М., Курбатова Е.А. Комплексная оценка уровня воздействия на окружающую среду различных технологий добычи урана на основе целевой функции. // География Казахстана: Содержание, проблемы, перспективы. Материалы международной научно-практической конференции. – Алматы: Казак университеті, 2006. – С. 174-176.
- 11 S.M. Bayandinova, L.M. Pavlichenko, R.U. Mukasheva and V.S. Krylova. Environmental Impact Assessment of the Eastern Kazakhstan Based on Standardized Efficiency Function According to Cartographic Documents. – World Applied Sciences Journal, 2012. – 19 (3). – Pp. 302-308.
- 12 Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 535 с.

References

- 1 Muhina L.I. Principy i metody tehnologicheskoy ocenki prirodnyh kompleksov. – M.: Nauka, 1973. – 94 s.
- 2 Avessalomova I.A. Jekologicheskaja ocenka landshaftov. – M.: MGU, 1992. – 88 s.
- 3 Chepurnyh N.V., Novoselov A.L. Planirovanie i prognozirovanie prirodopol'zovanija: Uchebnoe posobie. – M.: Interpraks, 1995. – 288 s.;
- 4 Pjentl R. Metody sistemnogo analiza okruzhajushhej sredy. – M.: Mir, 1979. – 215 s
- 5 Gmoshinskij V.G. Inzhenernaja jekologija. – M.: Znanie, 1977. – 64 s.
- 6 Pavlichenko L.M., A.S. Nysanbaeva. Ocenka rekreacionnogo vozdejstvija klimaticheskikh faktorov kazahstanskogo Pri-kaspija. Doklady k mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye problemy geojekologii i sozologii». Almaty, 22-23 janvarja 2001 g. Almaty: «Shartarap», 2001. – S. 357-363.
- 7 Pavlichenko L.M., Mustopina Zh. Kompleksnaja ocenka nachal'noj stadii razrabotki mestorozhdenija Karakuduk na okru-zhajushhuju sredu. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma «Strategija i metody ocenki jekologicheskogo riska aridnyh i gornyh territorij». Almaty, oktjabr' 2001. – S. 90-95.
- 8 Pavlichenko L.M., Urikbaeva Z.S., Chigarkin A.V. Jekspertnaja ocenka antropogennogo vozdejstvija na prirodnuju sredu Kyzylordinskoj oblasti s pomoshh'ju celevoj funkcii // Vestn. KazNU. Ser. jekol. – 2002. – № 1 (10). – S. 70-74
- 9 Pavlichenko L.M., Talanov E.A., Dostaj Zh.D., Chigarkin A.V. Ranzhirovanie oblastej Kazahstana po intensivnosti opustynivaniya metodom postroenija celevoj funkcii / Hidrometeorologija i jekologija. – 2005, № 2. – 12 – S. 201-212.
- 10 Pavlichenko L.M., Kurbatova E.A. Kompleksnaja ocenka urovnja vozdejstvija na okruzhajushhuju sredu razlichnyh tehnologij dobychi urana na osnove celevoj funkcii. // Geografija Kazahstana: Soderzhanie, problemy, perspektivy. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Almaty, 2006. – Almaty: Kazak Ylytk Universiteti, 2006. – S. 174-176
- 11 S.M. Bayandinova, L.M. Pavlichenko, R.U. Mukasheva and V.S. Krylova. Environmental Impact Assessment of the Eastern Kazakhstan Based on Standardized Efficiency Function According to Cartographic Documents. – World Applied Sciences Journal, 2012. – 19 (3), – pp. 302-308.
- 12 Agrojekologija /Pod red. V.A. Chernikova, A.I. Chekeresa. – M.: Kolos, 2000. – 535 s.