

¹Т.М. Олех, ¹В.Д. Гогунский, ²С.В. Руденко

¹Одесский национальный политехнический университет, Одесса

²Одесский национальный морской университет, Одесса

МОДЕЛЬ ОБОБЩЕННОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ПРОЕКТАХ

Предложен подход к выявлению экологических проблем на ранних стадиях рассмотрения проектов для включения в них мероприятий, направленных на улучшение качества окружающей среды и предотвращение, уменьшение и компенсацию экологического ущерба. Построена матрица Леопольда, результаты её применения исследованы с помощью функции Харрингтона.

Ключевые слова: проекты, экологическая оценка, матрица Леопольда, функция Харрингтона

Запропоновано підхід до виявлення екологічних проблем на ранніх стадіях розгляду проектів для включення в проекти заходів, спрямованих на поліпшення якості навколишнього середовища та запобігання, зменшення та компенсацію екологічної шкоди. Побудована матриця Леопольда, результати її застосування досліджені за допомогою функції Харрінгтона.

Ключові слова: проекти, екологічна оцінка, матриця Леопольда, функція Харрінгтона

An approach to the identification of environmental problems in the early stages of the project to include the measures aimed at improving the quality of the environment and the prevention, reduction and compensation for environmental damage. Leopold matrix is constructed, its results were studied using the Harrington.

Keywords: projects, environmental assessments, Leopold's matrix, function of Harrington

Введение

Экологическая экспертиза устанавливает уровень соответствия проектируемой хозяйственной или иной деятельности экологическим требованиям с определением допустимости реализации проектов для предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую среду и сопряженных с проектом социальных, экономических и иных последствий [1].

Экологическая экспертиза представляет собой специфическую форму государственного экологического контроля проектной деятельности и реализует превентивное (упреждающее) управление качеством проектов, так как совершается до начала деятельности в фазе планирования проекта, и выступает в виде своеобразной «лицензии» от государства на выполнение проекта, который соответствует нормам экологического законодательства [2].

В настоящее время законодательно определены виды экологической экспертизы: государственная и общественная, задачами которых являются [3]:

– определение уровня экологической опасности намечаемой хозяйственной или иной деятельности проекта, последствия которого в настоящем или будущем прямо или косвенно могут оказать воздействие на состояние окружающей среды и здоровье населения;

– проверка соответствия будущей хозяйственной и иной деятельности проекта требованиям природоохранного законодательства;

– определение достаточности и обоснованности предусматриваемых проектом мер по охране природы.

Государственную экологическую экспертизу проходят проектная документация и результаты оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) в составе проекта. Под термином ОВОС понимают деятельность, направленную на выявление и прогнозирование ожидаемого влияния на среду обитания, на здоровье и благосостояние людей со стороны различных мероприятий и проектов, а также на последующую интерпретацию и принятие решений о хозяйственном развитии [4].

Постановка проблемы

При оценке воздействия технического объекта на окружающую среду используется вся совокупность частных и общих методов географических, инженерно-геологических, экологических исследований, которые дополняются математическими методами, методами моделирования процессов и т.д. При этом на первый план выступают методы прогнозирования.

Методы прогнозирования подразделяются на интуитивные (экспертные) и формализованные (фактографические). Экспертные оценки применяют, когда об объекте оценивания нет достоверных сведений или неизвестны количественные зависимости между прогнозируемыми процессами и явлениями. Экспертные оценки применяются при анализе альтернативных проектов, определении экологического риска, в том числе и по отдаленным последствиям воздействия.

Различают следующие основные взаимодополняющие методы проведения ОВОС: матричный метод (в т. ч. матрица Л. Леопольда), метод сопряженного анализа карт, система потоковых диаграмм, метод имитационного моделирования, метод экспертных групп.

Исследования по оценке воздействия на окружающую среду намечаемой хозяйственной и иной деятельности включают:

- определение характеристик намечаемой хозяйственной и иной деятельности и возможных альтернатив (в том числе отказ от деятельности);
- анализ состояния территории в рамках географического охвата ОВОС (состояние природной среды, наличие и характер антропогенной нагрузки, экологическая ситуация и т.д.);
- выявление возможных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности (вероятности возникновения риска, степени, характера, масштаба, зоны распространения воздействий, а также прогнозирование экологических и связанных с ними социальных и экономических последствий);
- оценку значимости остаточных воздействий на окружающую среду и их последствий;
- определение мероприятий, предотвращающих негативные воздействия;
- сравнение по ожидаемым экологическим и другим последствиям, рассматриваемых альтернативных вариантов;
- разработку предложений по экологическому мониторингу и контролю на всех этапах реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности;
- разработку рекомендаций по проведению после проектного анализа реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

Анализ предыдущих публикаций

Как установлено, весьма эффективной формой выражения теоретических представлений являются модели для построения, проверки и интерпретации полученных с их помощью результатов [5 – 8].

Проектно-векторное управление позволяет определить рациональную траекторию движения к целевым точкам проекта по результатам оценок экспертов [9]. В экологических проектах такие оценки могут выполняться с помощью матриц.

Матрицы представляют собой таблицы, которые могут использоваться для определения взаимодействия между группами действующих факторов и компонентами (характеристиками) окружающей среды [10]. При использовании матрицы взаимодействие между конкретным возмущением и компонентом окружающей среды может быть отмечено в клетке на пересечении рядов и столбцов. В клетках могут быть сделаны "примечания", чтобы тем самым подчеркнуть существенность воздействия или другие особенности, связанные с природой факторов, например: значки или символы могут наглядно определить тип воздействия (такие как прямой, косвенный, совокупный); цифры или размер значков могут указывать масштаб; могут быть сделаны описательные замечания.

Например, матрица взаимодействий Леопольда, применяемая для экспертизы большинства экологических проектов, содержит 88 всесторонних компонентов и характеристик окружающей среды, представленных столбцами таблицы, и 100 видов деятельности (воздействующих факторов), которые представлены строками. Общий подход, использованный в матрице Леопольда, получил широкое распространение, в результате чего на его основе было разработано множество других матриц.

Цель публикации

Матрица Леопольда представляет собой контрольный список, который включает качественную информацию о взаимосвязях типа «причина-следствие» и одновременно является источником информации о результатах [2].

В матрице Леопольда для указания относительной значимости процессов и воздействий применяют «веса» или «интенсивность воздействия»; вместе с тем в ней отсутствуют четкие критерии для придания этим весам численных значений.

Матрица не содержит рекомендации по процедурам проверки, которые следует выполнять после завершения действия, однако она показывает направление изменения окружающей среды: возможные накопления загрязнений и других негативных воздействий.

Несмотря на то, что анализ по матрице имеет ряд ограничений, он часто оказывается полезным в качестве первоначального руководства при планировании дальнейших исследований. Оценщик (аналитик, разработчик проекта, эксперт) вправе модифицировать матрицу в соответствии с конкретными задачами.

Для заполнения матрицы Леопольда необходимо: в каждой клетке матрицы проставить интенсивность воздействия (ω) на объект воздействия (перечень воздействий и объектов, используемых в данной работе, приведен ниже в таблице 1 и 2). Интенсивность воздействия оценивается по шкале от 0 до 3 баллов:

Баллы	Степень воздействия
0	отсутствует
1	слабое
2	среднее
3	сильное

В столбцах матрицы указываются воздействия, предусматриваемые проектом (табл.1).

Таблица 1

Воздействия, предусматриваемые проектом

Воздействия, компоненты воздействия
<i>А. Модификация режима:</i> изменение мест обитания, нарушения почвенного покрова, изменение режима грунтовых вод, изменение поверхностного стока вод, строительство каналов, создание искусственных покрытий
<i>Б. Преобразование ландшафта:</i> транспортные автомагистрали и автомобили, железные дороги и железнодорожный транспорт, мосты, линии электропередачи и трубопроводы, сооружение плотин и запруд, земляные работы, туннели и подземные сооружения
<i>В. Загрязнения:</i> механическими объектами, химическими веществами, физическими факторами, биологическими агентами, визуального пространства
<i>Г. Размещение и переработка отходов:</i> размещение отходов, подземное складирование, размещение утиля, сброс сточных вод
<i>Д. Несчастные случаи:</i> разлив и утечка, радиационное воздействие, эксплуатационные ошибки (ошибки персонала)

Разрешение противоречий между потребностями в моделях, используемых для принятия решений в проектах, и возможностями традиционных систем управления реализуется путем использования новых информационных приемов для анализа и оценки эффективности результатов проектов. Матрица Леопольда как раз и является таким инструментом [2].

В строках матрицы указываются «объекты» окружающей среды и антропогенные воздействия, показанные в табл. 2.

Таблица 2

«Объекты» окружающей среды

А. Физические и химические объекты	<i>Литосфера:</i> почва (загрязнение), формы рельефа, силовые поля и фоновая радиация
	<i>Гидросфера:</i> поверхностные, грунтовые, качество, температура
	<i>Атмосфера:</i> качество (газы, частицы), климат (микро), температура
	<i>Процессы:</i> наводнения, эрозия, оседание и уплотнение, степень устойчивости (оползни, обвалы)
Б. Биологические объекты	<i>Флора:</i> деревья, кустарники и травы, виды, находящиеся под угрозой исчезновения
	<i>Фауна:</i> птицы, наземные животные, рыбы и моллюски, насекомые, виды, находящиеся под угрозой исчезновения
В. Объекты антропогенного воздействия	<i>Использование земли:</i> дикая природа и незанятые участки, сельское хозяйство, лесное хозяйство
	<i>Эстетические потребности и склонности человека:</i> пейзажи, ландшафтный дизайн, заповедники
	<i>Некоторые экологические зависимости:</i> засоление вод, засоление почв

Для составления заключения по ОВОС для проекта «Підвищення пропусної спроможності залізничного транспорту напрямку Знамянка – Долинська – Херсон – Джанкой. Дільниця Долинська – Миколаїв Одеської залізниці.» матрица Леопольда имеет вид, представленный в табл. 3.

Значение силы воздействия характеризует матрицу в целом. В дальнейшем, сравнивая значения силы воздействия матриц, относящихся к одному и тому же периоду проекта, можно оценить загрязнение окружающей среды в данный период жизненного цикла проекта (строительство, эксплуатация, ликвидация) и сделать вывод о его безопасности и воздействии на окружающую среду.

Таблиця 3

Матриця „Ієолополя“

Об'єкти впливля	А. Модифікація режима										Б. Преобразование ландшафта, транспорт					В. Загрязнения				Г. Размещение и переработка отходов				Д. Несчастные случаи			
	Изменение мест обитания	Нарушения почвенного покрова	Изменение режима грунтовых вод	Изменение поверхностного стока	вод	Спроектирование каналов	Создание искусственных покрытий	Автоматизация и автомобили	Железнодорожный транспорт	Мосты,	Линии электропередач и трубопроводы	Соружение шлюзов и запруд	Земельные работы	Туннели и подземные сооружения	Механическими объектами	Химическими веществами	Физическими факторами	Биологическими агентами	Визуального пространства	Размещение отходов	Подземное складирувание	Размещение утиля	Сбор сточных вод	Разлив и утечка	Радиационное воздействие	Жесткие оптические ошибки	
Объект воздействия	0																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
Физические и химические объекты	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Биологические объекты	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
Антропогенные объекты	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
Земля	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Воды	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Атмосфера	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Процессы	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Флора	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
Фауна	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
Историческая земля	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
	1																										
Эстетическая ценность	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Экологическая ценность	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Засоление вод	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
Засоление почв	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										
	0																										

Суммарная интенсивность воздействия по «воздействиям» (столбцам)

А. Модификация режима						Б. Преобразование ландшафта, транспорт						В. Загрязнения					Г. Размещение и переработка отходов			Д. Несчастные случаи				
Изменение мест обитания	Нарушения почвенного покрова	Изменение режима грунтовых вод	Изменение поверхностного стока вод	Строительство каналов	Создание искусственных покрытий	Автомобили	Железные дороги и железнодорожный транспорт	Мосты	Линии электропередач и трубопроводы	Сооружение плотин и запруд	Земляные работы	Туннели и подземные сооружения	Механическими объектами	Химическими веществами	Физическими факторами	Биологическими агентами	Визуального пространства	Размещение отходов	Подземное складирование	Размещение утиля	Сброс сточных вод	Разлив и утечка	Радиационное воздействие	Эксплуатационные ошибки (ошибки персонала)
7	12	8	9	7	6	5	11	9	11	13	18	8	11	0	11	4	5	8	8	7	11	0	0	11

В более сложных матрицах проводится ранжирование интенсивного воздействия и по значимости изменений в экосистемах [2]. Агрегированные показатели рассчитываются при перемножении веса воздействия и значимости изменений в экосистемах, а затем эти значения суммируются по горизонтали и вертикали матрицы. Таким образом определяются наиболее интенсивные воздействия и выявляются наиболее чувствительные и наиболее изменяющиеся объекты, испытывающие воздействие.

Общая сила воздействия

Рассчитаем суммарную интенсивность воздействия ($\Sigma\omega$) по воздействиям и по объектам воздействия (см. табл. 1 и табл. 2). Результаты расположим в табл. 4 и 5. При первичном анализе матрицы Леопольда для данного проекта очевиден выбор «воздействий» и «объектов», на которые следует обратить пристальное внимание. В категорию наиболее интенсивных воздействий попали те компоненты, суммарное воздействие на которые максимально. К ним относятся: земляные работы (18), сооружение плотин и запруд (13) и нарушения почвенного покрова (12). Наименее интенсивное воздействие, а в некоторых случаях и его полное отсутствие, когда суммарное воздействие равно 0, испытывают компоненты: загрязнение химическими веществами, разлив и утечка, а также радиационное воздействие. Суммарное воздействие на них равно нулю. При анализе «объектов» наиболее интенсивному воздействию

подвергаются: почва (загрязнение) (20), дикая природа и незанятые участки (18), а также и поверхностные и грунтовые воды (16). Наименее интенсивное воздействие оказывается на температуру воздуха, виды флоры и фауны, находящиеся под угрозой исчезновения, и заповедники.

Рассчитаем значимость (γ) всех воздействий по формуле:

$$\gamma = \frac{100}{n}, \quad (1)$$

где n – количество значимых ячеек в матрице, т.е. таких ячеек, в которых $\omega \neq 0$.

Для данной матрицы Леопольда количество значимых ячеек $n = 194$.

Общая сила воздействия (I) равна:

$$I = \gamma \sum_{i=1}^n \omega_i, \quad (2)$$

где ω_i – интенсивность воздействия, приведенная в табл. 4 и 5. Можно заметить, что суммы по строкам и столбцам совпадают.

Для данной матрицы, отображающей 1-ю очередь проекта реконструкции участка железнодорожного пути Долинская – Николаев Одесской железной дороги, общая сила воздействия равна:

$$I = \frac{100}{194} \cdot 200 \approx 103,1.$$

Полученная общая сила воздействия I имеет значение, близкое к нижней границе, поэтому можно ожидать, что проект будет безопасным.

Суммарная интенсивность воздействия по «объектам» (строкам)

Физические и химические объекты	Земля	1.1. Почва (загрязнение)	20
		1.2. Формы рельефа	14
		1.3. Силовые поля и фоновая радиация	0
	Воды	2.1. Поверхностные	16
		2.2. Грунтовые	16
		2.3. Качество	10
		2.4. Температура	1
	Атмосфера	3.1. Качество (газы, частицы)	3
		3.2. Климат (микро)	10
		3.3. Температура	0
	Процессы	4.1. Наводнения	1
		4.2. Эрозия	4
		4.3. Уплотнение и оседание	15
4.4. Степень устойчивости (оползни, обвалы)		13	
Биологические объекты	Флора	5.1. Деревья	7
		5.2. Кустарники и травы	9
		5.3. Виды, находящиеся под угрозой исчезновения	0
	Фауна	6.1. Птицы	0
		6.2. Наземные животные	8
		6.3. Рыбы и моллюски	3
Объекты антропогенного воздействия	Использование земли	7.1. Дикая природа и незанятые участки	18
		7.2. Сельское хозяйство	1
		7.3. Лесное хозяйство	2
	Эстетические потребности человека	8.1. Пейзажи	8
		8.2. Ландшафтный дизайн	0
		8.3. Заповедники	0
Некоторые экологические зависимости	9.1. Засоление вод	9	
	9.2. Засоление почв	8	

Функция Харрингтона

Полученный результат исследуем с помощью одной из логистических функций Харрингтона – так называемой «кривой желательности». Она определена функцией $d = \exp(-\exp(-Y))$. Эта функция была выведена эмпирическим путем. Ось координат Y называется шкалой частных показателей. Ось d – шкалой желательности. Промежуток эффективных значений на шкале частных показателей – $[-2; +5]$. Шкала желательности делится в диапазоне от 0 до 1 на пять интервалов, каждый из которых определяется экспертами в нечетком выражении: $[0; 0,2]$ – «очень плохо», $[0,2; 0,37]$ – «плохо», $[0,37; 0,63]$ – «удовлетворительно», $[0,63; 0,8]$ – «хорошо», $[0,8; 1]$ – «очень хорошо». Выбор отметок на шкале желательности 0,63 и 0,37 объясняется удобством вычислений: $1 - \frac{1}{e} \approx 0,63$, $\frac{1}{e} = 0,37$.

Лингвистическую шкалу заменим на сопряженную, исходя из условия, что при меньшей силе воздействия на окружающую среду проект безопаснее: $[0; 0,2]$ – «очень хорошо», $[0,2; 0,37]$ – «хорошо», $[0,37; 0,63]$ – «удовлетворительно», $[0,63; 0,8]$ – «плохо», $[0,8; 1,0]$ – «очень плохо» (рис. 1).

Конкретные параметры распределяются в масштабе, соответствующем условиям нормировки, на промежутке эффективных значений шкалы частных показателей. Затем соответствующие им показатели пересчитываются в отметки на шкале желательности.

Далее все конкретные значения пересчитаны в числовые отметки в диапазоне от -2 до $+5$ (рис. 1). Выбор этого промежутка на шкале частных показателей обусловлен тем, что именно в этих точках значения на шкале желательности уже практически близки к граничным, но еще могут существенно меняться в зависимости от значений параметров. Этот промежуток можно назвать

эффективным диапазоном практических значений параметров сравнения. При этом, если «наилучшему» из всех значений данного параметра анализируемых систем «присвоить» отметку «+5», а «наихудшему» – «-2», то все остальные расположатся между ними, образуя масштабируемую последовательность значений. Преобразуя их в частные показатели, получаем коэффициент желательности для данного параметра.

Поскольку значения общей силы воздействия лежат в интервале [100; 300], то график функции Харрингтона имеет вид, показанный на рисунке.

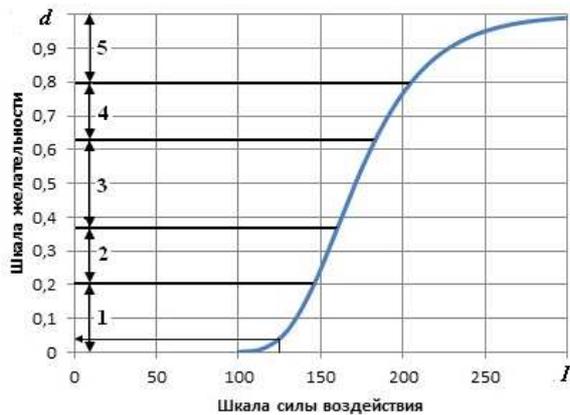


Рисунок. Функция желательности Харрингтона:
1 – «очень хорошо»; 2 – «хорошо»; 3 – «удовлетворительно»;
4 – «плохо»; 5 – «очень плохо»

Очевидно, что значение показателя общей силы воздействия, равное 103 на шкале желательности соответствует интервалу «очень хорошо» (рисунок). Это свидетельствует о том, что данный проект не нанесет практически никакого ущерба окружающей среде.

Выводы

Матрица Леопольда в удобной для анализа форме позволяет представить результаты функционирования многофакторной экологической системы. Расчет общей силы воздействия I упрощается и ее дальнейшее исследование с помощью функции Харрингтона позволяет качественные характеристики проекта трансформировать в количественные оценки. Комбинированный подход к оценке воздействия с помощью матрицы Леопольда и исследование его результатов с помощью функции Харрингтона удобен при первичном анализе ОВОС для различных проектов, особенно для тех, в которых экологическая составляющая является доминирующей.

Предложенный подход опробован для оценки реального объекта и может быть рекомендован для использования в других проектах. Отличительной чертой рассмотренной модели является существенное упрощение оценки значимости остаточных воздействий на окружающую среду и их последствий.

Список литературы

1. Руденко, С.В. Оценка экологической безопасности в проектах / С.В. Руденко, В.Д. Гогунский. – Монография. – Одеса: Фенікс, 2006. – 144 с.
2. Методическое пособие по экологической оценке инвестиционных проектов. Управление окружающей средой. – М.: УМЦ Госкомэкологии России, 2000. – 45 с.
3. ДСТУ ISO 14001:2006 Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України, 2006. – 64 с.
4. Руденко С.В. Анализ результатов реализации технико-экономической природоохранной региональной программы / С.В. Руденко, Е. В. Колесникова, Т.М. Олех // Проблемы техники. – 2013. – № 2. – С. 161 – 169.
5. Белоцицкий А.А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами / А.А. Белоцицкий // Управління розвитком складних систем. – 2012. – Вип 9. – С. 104 – 107.
6. Олех Т.М. Методы оценки проектов и программ / Т.М. Олех, А.Г. Оборская, Е.В. Колесникова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2012. – Вип. 2 (39). – С. 213 – 220.
7. Басиль Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона / Е.Е. Басиль, С.А. Изотов, В.Д. Гогунский // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 1997. – Вип. 2. – С.133 – 135.
8. Розробка марківської моделі зміни станів пацієнтів в проектах надання медичних послуг / С.В. Руденко, М.В. Романенко, О.Г. Катуніна, К.В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. – 2012. – Вип. 12. – С. 86 – 89.
9. Лизунов П.П. Проектно-векторное управление высшими учебными заведениями / П.П. Лизунов, А.А. Белоцицкий, С.В. Белоцицкая // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 6. – С. 135 – 139.
10. Колеснікова К.В. Матрична діаграма и «сильная связность» индикаторов ценности в проектах / К.В. Колеснікова, Т.М. Олех // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – Вип. 7(83). – К.: Техніка, 2012. – С. 148 – 153.

Статья поступила в редколлегию 29.08.2013.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Шахов, Одесский национальный морской университет, Одесса.