

Раздел 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 681.3.06

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ И СТРОЙИНДУСТРИИ*Гнатюк Анна Борисовна (abg-07@mail.ru)**ФГБОУ ВПО «Владимирский юридический институт ФСИН России» (Ивановский филиал)*

В статье рассматривается методика создания информационно-аналитической системы (ИАС) поддержки принятия управленческих решений по рациональному территориальному размещению и управлению промышленными предприятиями с позиции взаимодействия с внешней средой. В состав ИАС входят геоинформационная система и специализированные модули пространственного моделирования и анализа.

Ключевые слова: специализированные информационно-аналитические системы поддержки принятия решений, математические методы пространственного моделирования, территориальное влияние социально-экономических, природно-экологических и технических факторов.

При размещении предприятий различных отраслей и при планировании их развития следует учитывать так называемый пространственный (территориальный) фактор. Это связано с ужесточившимися требованиями к таким составляющим экономики предприятий, как влияние на окружающую среду и экологию, удорожанием природных ресурсов и ростом стоимости инфраструктурно обустроенной земли. Особенно это актуально для производственных комплексов ресурсоемких отраслей, таких как объекты энергетики и стройиндустрии.

Решение этой задачи в силу ее сложности и слабой структурированности должно производиться с помощью специализированных информационно-аналитических систем поддержки принятия решений, построенных на основе математических методов моделирования пространственной ситуации с учетом всех факторов и с использованием принципов системного подхода, таких как иерархичность, структурность, взаимозависимость, множественность описания и целостность.

В настоящее время влияние свойств территории на техническое и экономическое состояние предприятий, которую эти производства занимают и которая непосредственно к ним прилегает, учитываются в не полной мере. Взаимодействие производственных и территориальных факторов требует самостоятельного комплексного, системного учета, и не может быть сведено к более простым локальным задачам, например, к задачам логистики. К проблемам пространственного характера, связанным с эффективностью работы предприятий, относятся, например, такие, как вынос их за черту города в связи с удорожанием земельного участка; реорганизация производства для уменьшения воздействий на экологию; оперативная оптимизация взаимодействия с партнерами-поставщиками и другие. Сложность данных задач заключается в очевидном противоречии. С одной стороны, производственные комплексы необходимо размещать вблизи потребителей и поставщиков, источников трудо-

вых ресурсов, объектов городской инфраструктуры, с другой – деятельность предприятий ухудшает экологическую обстановку, производственные объекты занимают участки земли с высокой стоимостью, возникают сложности с подъездными путями и т.д. Актуальность этих проблем особенно остро проявляется в крупных мегаполисах.

В подавляющем большинстве научно-исследовательских работ на уровнях микро и мезо экономики рассмотрение территориального влияния отдельного предприятия или производственного комплекса касается в основном экологических аспектов. Однако необходимо также учитывать одновременно большое количество социально-экономических, природно-экологических и технических факторов, в том числе их пространственное распространение как от внешних по отношению предприятию объектов, так и влияние самого предприятия на окружающую экологическую и экономическую среды. Данные факторы, определяющие территориальное влияние в зависимости от расположения производства, представляют собой совокупность пространственно неравнозначных условий и ресурсов и их свойств, правильное использование которых должно обеспечивать наилучшие экономические результаты как при размещении производственных объектов, так и при управлении конкретной территорией [1].

В связи с этим автором разработана информационно-аналитическая система поддержки принятия управленческих решений по рациональному территориальному размещению, развитию и управлению промышленными предприятиями с позиции взаимодействия с внешней средой, состоящая из инструментальной геоинформационной системы и специализированных модулей пространственного моделирования и анализа.

Так как для решения поставленных проблем необходимо наличие информации о точном местоположении объектов, их взаимном расположении и территориальном взаимовлиянии, методология их решения требует специальных

подходов к построению системы поддержки принятия решений и использования картографических и пространственных представлений процессов управления. В связи с этим одной из основных задач в этом направлении является создание единой информационной системы, которая может быть построена на базе использования геоинформационных технологий. Интеграционный характер геоинформационных систем (ГИС) позволяет сформировать на их основе мощный инструмент для сбора, хранения, систематизации, анализа и представления информации. С применением ГИС в полной мере реализуется возможность целостного, обобщенного взгляда на комплексные проблемы окружающей среды и взаимодействия с ней инфраструктуры промышленных комплексов.

В настоящее время существует большое количество отечественных и зарубежных ГИС (например, «Полигон», GeoDraw/GeoGraph, Arc Info, Map Info и др.), различных по степени раз-

витости инструментальных средств проведения пространственного анализа.

Следует отметить, что эффективность функционирования ГИС напрямую зависит от адекватности поставленным задачам системы пространственного анализа и моделирования. Для исследования возможностей современных геоинформационных систем по анализу свойств территории в результате воздействия на нее различного вида промышленных и инфраструктурных объектов проведена классификация существующих методов и средств определения свойств территории. С этой целью получена инфологическая модель геоинформационной системы, включающая в себя множество функций ввода пространственной и атрибутивной информации, интеграции и структурирования этой информации, функций информационных запросов, моделирования и анализа пространственной информации (рис. 1).

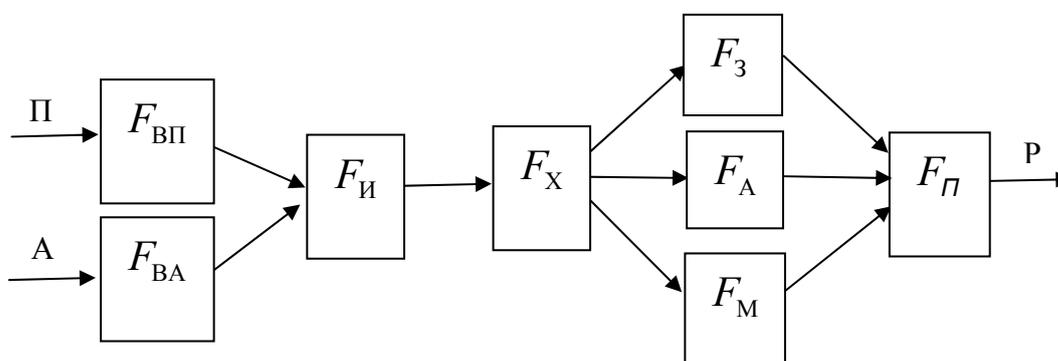


Рисунок 1. Инфологическая модель геоинформационной системы

Инфологическую модель ГИС можно представить как последовательно-параллельный процесс функциональных преобразований информации:

$$F = \{F_B, F_I, F_X, F_Z, F_A, F_M, F_P\} \quad (1)$$

где $F_B = \{F_{ВП}, F_{ВА}\}$ – множество функций ввода пространственной ($F_{ВП}$) и атрибутивной ($F_{ВА}$) информации из источников различных форматов;

F_I – множество функций интеграции и структурирования пространственной и атрибутивной информации;

F_X – множество функций хранения информации;

F_Z – множество функций информационных запросов;

F_A – множество функций анализа пространственной информации;

F_M – множество функций пространственного моделирования;

F_P – множество функций вывода пространственной информации.

Множество функций определения или оценивания свойств территории содержит три основных подмножества аналитических функций, выполняемых по ГИС-технологии:

$$F_{OC} = \{F_Z, F_A, F_M\} \quad (2)$$

где F_Z – информационные запросы;

F_A – топологический анализ;

F_M – пространственное моделирование.

В свою очередь множество функций информационных запросов состоит из двух типов запросов:

$$F_3 = \{f_{O3}, f_{M3}\} \quad (3)$$

где f_{O3} – информационные однопараметрические запросы;

f_{M3} – многокритериальные (или многофункциональные) логические запросы.

Множество аналитических функций включает в себя:

$$F_A = \{f_{KI}, f_{AC}, f_{AP}, f_{AP}\} \quad (4)$$

f_{KI} – картометрические измерения;

f_{AC} – анализ сетей;

f_{AP} – полигональный анализ;

f_{AP} – анализ рельефа или операции с трехмерными объектами.

Состав множества функций пространственного моделирования содержит следующие функциональные операции:

$$F_M = \{f_{GB}, f_{ZH}, f_{CM}, f_{DP}, f_{SP}\} \quad (5)$$

где f_{GB} – генерация буферных зон;

f_{ZH} – зонирование, или районирование;

f_{CM} – построение пространственных статических моделей;

f_{DP} – построение пространственных динамических моделей;

f_{SP} – сетевое моделирование, или сетевая оптимизация.

На рис. 2 представлена иерархия взаимосвязей функций пространственного анализа и моделирования по степени сложности.

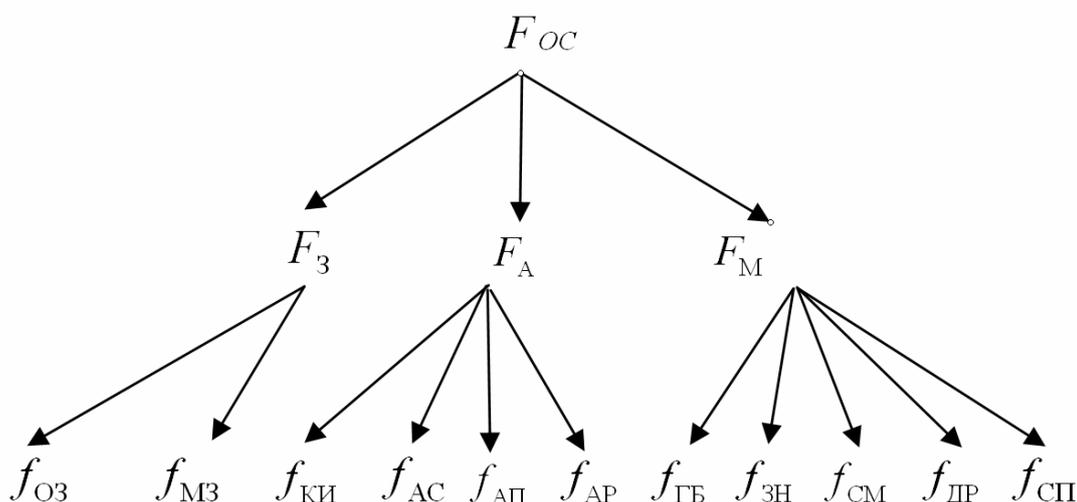


Рисунок 2. Иерархическая система функций пространственного анализа и моделирования

Используя существующий в геоинформационных системах набор функций, можно решать различные задачи пространственного моделирования. Однако данная технология имеет ряд недостатков. Главный из них - требуется применение различных по характеру функций манипуляций пространственными данными в различной последовательности и комбинации, что усложняет процесс моделирования, особенно это касается задач социально – экономического характера. Это приводит к тому, что, при решении задач со сложными законами пространственного распределения свойств территории и из-за большого количества интервалов градации этих свойств, процедура моделирования становится громоздкой и практически сложно выполнимой. Поэтому возникает задача создания такого метода пространственного анализа и моделирования, который бы обеспечил выполнение этих разнородных функций в рамках

единой технологии. Перспективным в этом отношении является метод, использующий функции пространственного влияния объектов на прилегающую территорию и моделей на их основе [2].

Функция пространственного влияния определяется в основном четырьмя переменными:

$$s_{ij} = f(S_j, R_j, r_{ij}, \alpha_{ij}) \quad (6)$$

где s_{ij} – свойство элемента w_i множества W от влияния j -го объекта;

S_j – физически измеряемая или оценочная величина (весовой фактор) свойства объекта в точке или точках его пространственного положения;

R_i – диапазон влияния j -го объекта, т.е. расстояние, за пределами которого влиянием объекта можно пренебречь;

r_{ij} и α_{ij} – расстояние и направление между i -й точкой и j -м объектом.

По существу, текущее значение s_{ij} зависит от r_{ij} и α_{ij} , а величины S_i и R_i являются параметрами функции f_{Vj} . В случае точечного объекта графически функция представляется в виде возвышенности или впадины. Эти функции могут отражать физические процессы и явления или, например, социальные и экономические значения, экспертные предпочтения.

Наиболее универсальной является функция закона нормального распределения:

$$F_V = \frac{k_j^*}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(r_{ij} - \mu_j)^2}{2\sigma_j^2}\right) \quad (7)$$

где σ_j , μ_j - соответственно, среднеквадратичное отклонение и величина математического ожидания.

Предлагаемая методика описывается следующей последовательностью выполняемых функций моделирования:

$$W \xrightarrow{f_V} \bigcup S_{ij} \xrightarrow{f_\Sigma} S_i \xrightarrow{f_I} \bigcup S_q \quad (8)$$

Элементарные участки множества W , а именно $w_i \in W$, с помощью функций пространственного f_V влияния от отдельных j -х объектов (например, с помощью выражения (7)) приобретают свойства S_{ij} . В результате множество W преобразуется в совокупность S_{ij} – множеств, состоящих из элементов, имеющих свойства, определяемые функциями влияния от отдельных объектов. С помощью функции объединения (суммирования) f_Σ эта совокупность множеств элементарных участков преобразуется во множество S_i , состоящее из элементов, имеющих результирующие свойства от влияния всех рассматриваемых объектов. Это множество, есть интегральное свойство исследуемой территории. Оно может визуально подставлено в виде статистического рельефа, высоты которого определяются плотностями интегрального свойства территории в каждой его точке или в каждом элементарном участке. Затем производится аналитическая структуризация полученной интегральной оценке свойств территории. Для этого с помощью функции построения изолиний f_I формируются упорядоченные множества (зоны) S_q со свойствами, лежащими в заданных интервалах q .

Сравнение количества и сложности операций по существующей методике пространственного моделирования и по предлагаемой методике показывает несомненное преимущество последней. Предлагаемая методика позволяет детально с учетом влияния всех объектов проводить пространственный анализ, который с помощью стандартных функций можно выполнить лишь по усредненным показателям, что значительно снижает эффективность такого анализа.

Разработанные модели и методы представляют необходимую и достаточную теоретическую базу создания инструментальных средств анализа взаимодействия предприятий, внешней среды и инфраструктуры на основе использования моделей пространственного влияния. Для этого наиболее очевидным и рациональным путем является расширение возможностей инструментальных ГИС за счет подключения к ним дополнительных модулей. Назначением таких модулей является реализация аналитических методов, основанных на функциях пространственного влияния. Функции модуля пространственного моделирования (МПМ) состоят в следующем:

1. получение из ГИС пространственной и необходимой атрибутивной информации об объектах, определяющих свойства рассматриваемой территории;
2. получение из различных внешних источников информации о функциях и параметрах пространственного влияния объектов;
3. формирование моделей влияния отдельных объектов;
4. расчет пространственного влияния, как от отдельных объектов, так и от любой определенной совокупности этих объектов с заданной точностью;
5. координатно-локализованное графическое представление результатов моделирования;
6. передача модели пространственного влияния в ГИС для совместного использования с цифровой картой территории.

Задача перераспределения функций между ГИС, стандартной СУБД и модулем МПМ имеет множество вариантов своего решения. Это зависит от открытости самой ГИС, от сложности описания моделей влияния объектов и обеспечения технологичности интерактивного режима в процессе моделирования. Наибольшая разгрузка МПМ достигается при более тесной интеграции его с ГИС путем использования общего интерфейса пользователя и обработки информации средствами самой ГИС. Модуль должен осуществлять процесс моделирования в интерактивном режиме (в виде активного диалога).

В качестве примера рассмотрим процедуру анализа возможности наилучшего размещения предприятия на определенной территории с точки зрения затрат на проведение транспортных и энергетических коммуникаций. При этом необходимо учесть следующие факторы: энергообеспеченность, транспортная обеспеченность, особенности природного ландшафта. К энергоемким предприятиям относятся, в частности, предприятия стройиндустрии, поэтому месторасположение предприятия необходимо определять исходя из оценки потенциальных возможностей объектов энергетического ком-

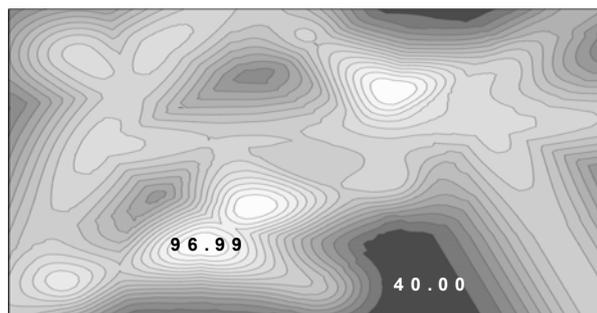
плекса по энергообеспечению указанного участка территории.

Для учета суммарной значимости энерго- и транспортной обеспеченности использовалось нормирование приведением к единой условной шкале предпочтений. Путем опроса экспертов и обработки результатов анкетирования было установлено, что 85 единиц транспортной обеспеченности соответствует 7,5 баллам по нормировочной шкале, а 150 единиц энергообеспеченности — 5 баллам. Величина в 85 единиц транспортной обеспеченности означает возможность построение автодороги от исходного места до существующей автотрассы, категория которой соответствует 2 и выше, с затратами не превышающими 1500 тыс.руб., а 150 единиц энергообеспеченности означают возможность построение новых энергокоммуникаций с учетом уже существующих с затратами, не превышающими 2000 тыс.руб.

В результате получаются следующие значения коэффициентов веса: $k_1 = 7,5/85 = 0,09$;

$k_2 = 5/150 = 0,033$, где k_1 - коэффициент веса для модели «Транспортная обеспеченность»;

S^0 - 2D модель: "Энергоисточники "

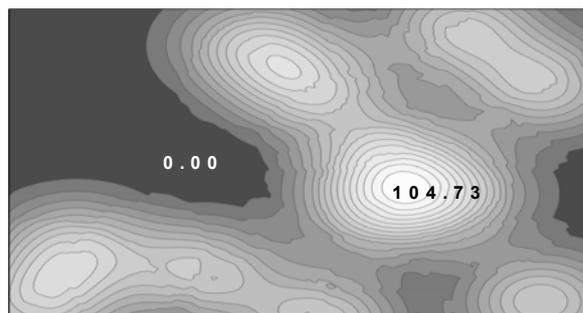


- коэффициент веса для модели «Энергетическая обеспеченность».

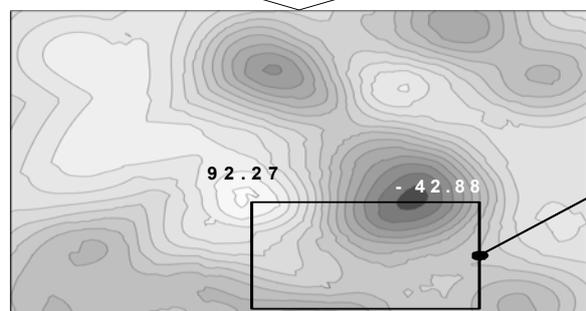
Экспертным путем было также определено, что территория, на которой транспортная обеспеченность ниже 30 единиц или же энергетическая обеспеченность ниже 13,5 единиц не пригодна для строительства предприятия, то есть: $(ТО > 30)$ и $(ЭО > 13,5)$, где ТО - транспортная обеспеченность; ЭО - энергетическая обеспеченность. При выходе за указанные пределы, строительство предприятия становится экономически не выгодно из-за капитальных вложений, необходимых для проведения соответствующих коммуникаций.

В результате строятся геомодель «Энергоисточники» - S^0 , и геомодель «Энергопотребители» - S^1 . Для определения энергообеспеченности достаточно рассмотреть разность $P^1 = S^0 - S^1$. Полученный результат по выбору наиболее энергонасыщенного участка представлен на рис.3.

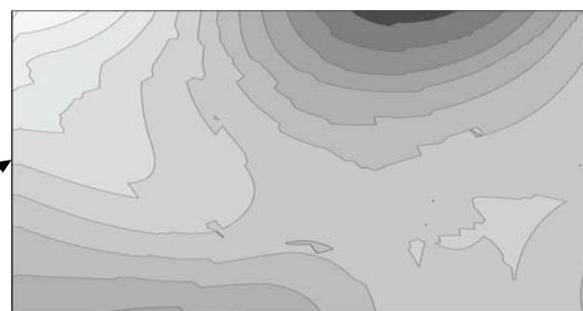
S^1 - 2D модель: "Энергопотребители "



$$P^1 = S^0 - S^1$$



P^1 - 2D модель: "Энергообеспеченность "



Модель участка, выбранного для строительства

Рисунок 3. Определение потенциально наиболее энергонасыщенного участка с учетом возможного потребления

Аналогично определяются модели «Транспортная обеспеченность» - S^2 и исключаются участки, непригодные для строительства из-за

природно – ландшафтных ограничений— модель S^3 , и с учетом этих моделей определяется

наиболее подходящий участок для строительства предприятия.

Для практической реализации рассмотренного метода использовалась ГИС ArcView, разработанная фирмой ESRI [3]. Выбор данной ГИС обусловлен не только приемлемым соотношением цена/качество, широким распространением данной ГИС в России, но и возможностью написания собственных функций обработки пространственных данных с использованием встроенного объектно-ориентированного языка Avenue. Дополнительный набор функций прописывается в виде скриптов, которые могут быть вызваны для выполнения из другой программы. Именно данный механизм и использован для обработки пространственных данных, необходимых для построения пространственных моделей. Обмен данными между ГИС и разработанным программным модулем осуществляется средствами динамического обмена данными (DDE) между приложениями в среде Windows. Исходя из технологии и методики построения пространственных моделей, получены алгоритмы построения модели тематического

слоя и построения модели комплексных свойств территории.

Таким образом, учет территориального или пространственного фактора является необходимым условием для комплексного и всестороннего анализа состояния и прогнозирования развития экономики производственных комплексов и предприятий.

Литература

1. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики: Учебник для вузов. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 495 с.
2. Гнатюк А.Б. Модели пространственного влияния как основа информационно-аналитического инструментария систем принятия решений по структуризации и организации экономического пространства производственных комплексов // Транспортные отделы России - Москва, №5 (102). – 2012.
3. ГИС: теория и практика. // ARCREVIEW. Современные геоинформационные технологии. 2012. № 3 (62).

УДК 519.711.3, 330.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ВЗВЕШЕННЫХ ОРГРАФОВ

Горелко Георгий Петрович (gheorghy.gorelco@gmail.com)

Коровин Дмитрий Игоревич

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина»

В статье обсуждается неоднозначность влияния наличия природных ресурсов на состояние социально-экономической системы. Подчеркивается, что степень такого влияния во многом обуславливает взаимоотношения элементов социально-экономической системы России, выражаемые как количественно, так и качественно. В данной статье основное внимание уделяется определению тех показателей системы, которые могли бы использоваться для качественного анализа отдельных элементов системы, но не могут быть получены в эксперименте (непосредственном наблюдении). Одним из путей решения данной проблемы, по мнению авторов, является разработка динамических моделей на основе математического аппарата взвешенных орграфов, которые, будучи достаточно простыми, описывали бы динамику изменения существенных аспектов экономических процессов. Для анализа исследуемых качественных характеристик разработанной модели используется математический аппарат, предложенный в работе [2].

Ключевые слова: взвешенный орграф, социально-экономическая система, колебания, сбалансированность, матрица сопряженности

Наличие природных ресурсов, несомненно, играет важную роль в развитии экономики страны. Однако их вклад может оказать как положительное, так и отрицательное воздействие на страну. Так, например, в некоторых странах, таких как Венесуэла, Боливия и др. ресурсное богатство в виде нефти и газа породило серьезные проблемы низких темпов развития, рост коррупции и неравенства. В то же время в странах, обделенными природными ресурсами, таких как Гонконг, Южная Корея, Сингапур и др. наблюдается бурный рост экономики. Однако есть ряд стран, демонстрирующие противоположные примеры. Так, например, у Норвегии –

страны, занимающей второе место по экспорту природного газа и пятое место по экспорту нефти, одна из богатых экономик мира. Возникает вопрос об эффективности использования имеющихся в стране природных богатств, их пользе. До сих пор нет единого мнения среди отечественных и зарубежных ученых [Sachs&Warner, Alexeev&Conrad, Wantchekon, Egorov et al, Гуриев С. Сонин К. и др.] о степени их воздействия, о пользе от эксплуатации природных ресурсов. В работе Andersen and Aslaksen (2008) авторы показали, что т.н. «ресурсное