

И.С. Белик, д-р экон. наук, профессор,  
Н.В. Стародубец, канд. экон. наук, доцент,  
Д.Н. Шуткина, магистрант,<sup>1</sup>  
г. Екатеринбург

## **ОЦЕНКА УГРОЗ АССИМИЛЯЦИОННОМУ ПОТЕНЦИАЛУ ТЕРРИТОРИИ ОТ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ<sup>2</sup>**

В статье приводятся результаты исследования, связанного с обоснованием наиболее приемлемых оценок, объективно характеризующих изменение состояния окружающей среды, происходящее под воздействием хозяйственной деятельности человека на региональном уровне. Предложен показатель, позволяющий оценить состояние и угрозы ассимиляционному потенциалу от различных видов антропогенного воздействия.

**Ключевые слова:** окружающая среда, угрозы потери ассимиляционной способности, ассимиляционный потенциал, биоемкость, экологический след, углеродный след, антропогенное воздействие, выбросы парниковых газов, экологическая техноёмкость территории.

Нарастающее вмешательство человечества в природную среду обостряет основную экологическую проблему, связанную со снижением потенциала устойчивости биосферы, составляющих ее экосистем, влечет увеличение рисков непрерывному обеспечению экосистемных услуг. Свидетельством этого факта служит возрастание угрозы утраты ассимиляционной способности природной среды, вызываемое изменениями запаса биомассы, нарушениями в жизнедеятельности важнейших компонен-

тов биоты, происходящее под влиянием антропогенного воздействия. Анализ динамики этих характеристик дает возможность оценивать состояние ассимиляционной способности территории при осуществлении хозяйственной деятельности.

Принятая руководством страны концепция устойчивого развития России, призвана сориентировать экономику в направлении применения не загрязняющих окружающую среду технологий, рационального использования минерально-сырьевых и природных ресурсов. Однако в концепции не рассматриваются варианты решения проблем, связанных с особенностью неравномерного размещения природных ресурсов и населения, наличием диспропорций между размещением природного потенциала и сформировавшегося экономического потенциала.

По мнению авторов, региональный аспект устойчивого развития должен формироваться с учетом обозначенных проблем. При этом важнейшей задачей регионального уровня, с точки зрения реализации стратегии устойчивого развития, является соизмерение угроз утраты ассимиляционного потенциала с интенсивностью негативного воздействия хозяйственного

---

<sup>1</sup> *Белик Ирина Степановна* – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики производственных и энергетических систем Высшей школы экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: irinabelik2010@mail.ru.

*Стародубец Наталья Владимировна* – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики производственных и энергетических систем Высшей школы экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: n.v.starodubets@gmail.com.

*Шуткина Дарья Николаевна* – магистрант Высшей школы экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: shudashu@yandex.ru.

<sup>2</sup> Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ № 11-32-00215a1).

комплекса территории на окружающую среду.

В современной практике для оценки состояния экосистем Земли используются: индекс живой планеты, показатель биологической емкости, показатель экологического следа в глобальных гектарах [1, 7, 8, 9].

Индекс живой планеты описывает состояние биологического разнообразия и позволяет отслеживать общую динамику большого количества популяций диких видов. Данные, используемые для расчета индекса, представляют собой временные ряды, размер популяций, их плотности, численности популяций или какого-либо косвенного показателя численности.

Показатель биологической емкости оценивает способность экосистем обеспечивать среду обитания для животных, растений, человека (табл. 1). Биемкость страны определяется общим числом гектаров и типом биопродуктивной территории/акватории, находящейся в пределах

границ страны, а также ее средней урожайностью.

Показатель «экологический след» (ecological footprint) демонстрирует, какая часть планеты необходима для нынешней человеческой деятельности. Данный показатель представляет собой меру потребления человечеством ресурсов и услуг биосферы, позволяющую соотнести потребление этих ресурсов и услуг со способностью Земли к их воспроизводству, то есть биологической емкостью планеты (табл. 2) [1].

В случае, когда экологический след превышает биологическую емкость, происходит «экологический перерасход», то есть планете требуется больше времени на восстановление ресурсов по сравнению с периодом, за который эти ресурсы потребляются человечеством. Сохранение подобной ситуации в течение некоторого времени может привести к общей деградации биосферы.

Современная биемкость территории России составляет более 6 глобальных гек-

Таблица 1

Общая биемкость в глобальных гектарах [1]

Страна/регион	Пахотные угодья	Пастбища	Леса	Рыболовные зоны	Застроенные земли	Общая биемкость (гга/чел.)
Европа (вне ЕС)	1,01	0,27	2,82	0,73	0,05	4,88
Страны с высоким уровнем дохода	0,98	0,28	1,17	0,51	0,11	3,05
Российская Федерация	0,94	0,34	4,22	1,08	0,04	6,62

*Примечание.* В таблицу включены страны с численностью населения более 1 млн чел. (период 2008 г.)

Таблица 2

Экологический след в глобальных гектарах

Территория	Экологический след, га/чел.
Россия	4,5
Германия	5,0
Великобритания	5,2
Мир в целом	2,7

таров, а экологический след – 4,5 глобальных гектаров, то есть находится в пределах биоемкости. Однако скорость загрязнения окружающей среды (ОС) и сокращения биологического разнообразия сопоставимы с темпами роста экономики, ориентированной на добычу полезных ископаемых, особенно углеводородов [2], что вызывает усиление угроз основным функциям биосферы и потерю природной устойчивости.

Сравнение отдельных регионов по источению минерально-сырьевых и обеднению природных ресурсов, с точки зрения оценки масштабов распространения этих процессов на конкретной территории, предпочтительнее осуществлять с использованием относительных показателей, одним из которых является отношение площади, на которой природный растительный покров преобразован человеком, к площади земель, занятой естественными экосистемами.

В статье приводятся результаты исследования, выполненного авторами, по сопоставлению подходов к определению состояния окружающей среды территории, основанных на использовании оценок экологического следа и площади, занятой естественными экосистемами, выбросам углекислого газа и ассимиляционного потенциала (АП) по углеродному следу, антропогенного воздействия (АВ) и экологической техноёмкости (ЭТ) (табл. 3).

Индикатор угроз ассимиляционному потенциалу территории является положительной безразмерной величиной. Если  $I_{АП}$  изменяется от 0,3 (нижний предел запаса ассимиляционного потенциала) до 1 – это свидетельствует о росте угроз от различных видов антропогенного воздействия, если  $I_{АП} \geq 1$  – это означает, что ассимиляционная способность находится в критическом состоянии и может быть утрачена. В

Таблица 3

Индикатор угроз ассимиляционному потенциалу

Название индикатора (ИАП)	Оценка ассимиляционного потенциала	Оценка антропогенного воздействия	Расчетная формула	Примечание
1. Индикатор угроз АП по экологическому следу – $I_{АП1}$	По величине площади, занимаемой экосистемами	Экологический след	$I_{АП} = АВ / АП$	Определяется отношением экологического следа к площади, занимаемой территорией
2. Индикатор угроз АП по углеродному следу – $I_{АП2}$	По площади земель, способных поглощать парниковые газы	Выбросы парниковых газов («углеродный» след)		Определяется отношением массы выбросов $CO_2$ к площади земель, способных поглощать парниковые газы
3. Индикатор угроз АП по загрязняющим веществам, $I_{АП3}$	По экологической техноёмкости	Загрязняющие вещества, поступающие в ОС		Определяется отношением объемов загрязняющих веществ, поступающих в основные сферы ОС к ЭТ

этом случае необходимо принимать меры по реализации природоохранных мероприятий, изменению структуры производства в пользу безопасных для окружающей среды технологий и т.д.

Исследование выполнялось с целью обоснования наиболее приемлемых оценок, объективно характеризующих изменение состояния окружающей среды, происходящее под воздействием хозяйственной деятельности человека на региональном уровне.

Используемая в настоящее время методика расчета экологического следа учитывает производство таких ресурсов, как сельскохозяйственные культуры и вылавливаемая рыба, древесина, трава, используемая для питания сельскохозяйственных животных и др. (табл. 4) [1].

Экологический след человечества, отражающий антропогенное давление на живые ресурсы Земли, в настоящее время превы-

шает способность планеты к восстановлению примерно на 30 %. Этот глобальный перерасход продолжает увеличиваться, приводя к разрушению экосистем, а также накоплению отходов и загрязняющих веществ в воздухе, в воде и на суше. Последствиями перерасхода являются исчезновение лесов, дефицит воды, снижение биоразнообразия, изменение климата, что представляет все большую угрозу для благосостояния и развития всех стран.

Особое значение оценка экологического следа приобретает для территорий с повышенным антропогенным воздействием, к которым относится, в частности, Свердловская область. В расчетах экологического следа области поглощающая способность лесов принята по материалам сайта Института глобального климата и экологии [3]. Она составляет в среднем 142 тонны  $CO_{2экв}$  с 1 кв. км лесов.

Таблица 4

Составляющие экологического следа

Углеродный след	Рассчитывается как площадь лесов, необходимая для поглощения выбросов $CO_2$ от сжигания ископаемого топлива, изменений в землепользовании и химических процессов, за исключением доли, поглощаемой океанами. Этот вид выбросов представляют собой единственный вид отходов, учитываемых в методике расчета экологического следа
Пастбища	Рассчитывается на основе площади, используемой в животноводстве для производства мяса, молока, кожи и шерсти
Леса	Рассчитывается на основе ежегодного потребления древесины, пиломатериалов, целлюлозы и дров в стране
Рыбопромысловые зоны	Рассчитывается на основе оценки первичной продукции, необходимой для поддержания вылавливания рыбы и других морских организмов с использованием данных о вылове 1439 морских видов и 268 пресноводных видов
Пашня	Рассчитывается на основе площади, используемой для производства продовольствия, кормов для животных, волокон, масличных культур
Застроенные земли	Рассчитывается как площадь под человеческой инфраструктурой, включая транспортную инфраструктуру, жилую застройку, промышленные сооружения и водохранилища ГЭС

В табл. 5 представлены данные для расчета экологического следа Свердловской области в динамике и его величина [3].

Результаты сопоставления экологического следа территории Свердловской области (194,8 тыс. км<sup>2</sup>) с площадью экосистем с 2006 по 2011-й гг. отражены в табл. 6.

Экологический след Свердловской области превышает площадь земель, административно относимых к региону, более чем в три раза. Данный показатель выше, чем в целом по планете Земля (табл. 2), что свидетельствует о превышении способности территории к самовосстановлению.

Как следует из данных табл. 5, наибольшая доля составляющей экологического следа Свердловской области приходится на площадь лесов, необходимых для поглощения парниковых газов, поступающих в окружающую среду (около 90 %). В этой

связи авторы отмечают, что рост «углеродной» составляющей экологического следа может быть использован для характеристики снижения запаса ассимиляционного потенциала территории и роста угроз от антропогенного воздействия. В свою очередь, выбросы парниковых газов на территории способны полностью охарактеризовать степень давления на окружающую среду от совокупного воздействия всех сфер жизнедеятельности человека и, в частности, от хозяйственной деятельности. Данная точка зрения основана на имеющей место прямой связи между объемами потребления ископаемого топлива и общим уровнем социально-экономического развития конкретной территории [2].

Следовательно, для оценки уровня угроз ассимиляционному потенциалу территории предлагается применить параметр, определя-

Таблица 5

Экологический след Свердловской области

Показатель	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Площадь пастбищ, тыс. км <sup>2</sup>	3,649	3,648	3,643	3,637	3,63	3,575
Площадь лесов, тыс. км <sup>2</sup>	30,2	30,43	30,73	36,28	37,22	45
Площадь пашни, тыс. км <sup>2</sup>	20,358	20,338	20,349	20,326	20,298	20,044
Площадь застроенных земель, тыс. км <sup>2</sup>	10,946	10,97	10,977	11,019	11,147	11,66
Площадь нарушенных земель, тыс. км <sup>2</sup>	0,144	0,149	0,147	0,147	0,189	0,183
Площадь лесов, необходимых для поглощения CO <sub>2</sub> , тыс. км <sup>2</sup>	615,65	666,20	657,04	615,49	609,86	606,34
ИТОГО: экологический след, тыс. км <sup>2</sup>	680,95	731,73	722,89	686,88	682,34	686,80

Таблица 6

Индикатор угроз ассимиляционному потенциалу по экологическому следу

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$I_{1ап}$	3,6	3,7	3,7	3,6	3,4	3,6

ющий способность биоты поглощать поступающие в окружающую среду парниковые газы. Подобный подход к оценке угроз ассимиляционному потенциалу косвенно связан и с оценкой воздействия на ОС загрязняющих веществ, так как в состав парниковых газов включаются и опасные для здоровья человека поллютанты. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 7 и 8.

Объемы эмиссии парниковых газов определены по данным [4], их динамика с 2006 по 2011 гг. представлена в табл. 8.

Соизмерение объемов поступления парниковых газов с ассимиляционным потенциалом по углеродному следу вы-

полнялось с использованием индикатора угрозы АП по углеродному следу ( $I_{АП2}$ , табл. 3).

Результаты расчета индикатора угрозы АП по углеродному следу приводятся в табл. 9.

Незначительное увеличение индикатора наблюдалось в 2007 и 2008 гг., что главным образом связано с увеличением объема промышленного производства в 2007-м и первом полугодии 2008 гг. В целом эмиссии парниковых газов значительно (более чем в четыре раза) превышают поглощающую способность биоты территории Свердловской области.

Таблица 7  
Возможности территории Свердловской области по поглощению парниковых газов (ПГ)

Категория источников поглощения парниковых газов	Площадь, млн га (РФ/Свердловская область)	Поглощение ПГ в РФ, млн т $CO_2$ экв./год [3]	Удельное поглощение ПГ, т $CO_2$ экв./га	Поглощение ПГ в Свердловской области, млн т $CO_2$ экв./год
1. Лесные земли				
1.1. Хвойные леса	372/7,2	565	1,5	10,8
1.2. Лиственные леса	378,5/5,6	509	1,34	7,504
2. Площади многолетних насаждений	1,02/0,01	4,6	4,5	0,05
3. Пастбища	80,1/0,4	224	2,8	1,1
Итого		1 303		19,454

Таблица 8

Антропогенные выбросы парниковых газов

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Выбросы $CO_2$ , тыс. т $CO_2$ экв.	87423	94600	93300	87400	86600	86100

Таблица 9

Индикатор угрозы АП по углеродному следу

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$I_{2АП}$	4,5	4,8	4,8	4,5	4,5	4,3

Оценивать угрозы от воздействия человека на окружающую среду, ведущие к снижению способности ОС перерабатывать поступающие загрязнения без изменения ее структурных и функциональных свойств, то есть ассимиляционного потенциала, возможно, с использованием подхода Т.А. Акимовой и В.В. Хаскина [5]. Суть его заключается в определении величины экологической емкости, экологической техноемкости в условных единицах и сравнении антропогенной нагрузки, выраженной в условных единицах, с экологической техноемкостью.

В исследовании оценка экологической техноемкости территории выполнялась на основе методики Т.А. Акимовой, В.В. Хаскина [5]. Расчет экологической техноемкости Свердловской области (табл. 10), проводится для трех сред – воздух, вода, почва (биота).

При оценке уровня антропогенного воздействия перевод натуральных единиц (тонн) в условные тонны для выбросов в ат-

мосферный воздух сбросов загрязняющих веществ и размещения отходов осуществлялся с использованием методики определения предотвращенного экологического ущерба [6]. Данные о приведенной массе выбросов, сбросов, размещенных отходов для территории Свердловской области, приведены в табл. 11.

Из данных таблицы следует, что в структуре антропогенного воздействия Свердловской области преобладают выбросы загрязняющих веществ и размещение токсичных отходов. Последнее обусловлено структурой промышленного производства Свердловской области и характерных для нее видов загрязнения.

Соизмерение антропогенной нагрузкой с ассимиляционным потенциалом территории (Свердловская область) выполнялось с использованием индикатора угрозы АП по загрязняющим веществам (табл. 3,  $I_{АПЗ}$ ).

Результаты расчета индикатора угрозы ассимиляционному потенциалу по загряз-

Таблица 10

Экологическая техноемкость Свердловской области

Основные среды	тыс. усл. т
Воздух	4 055,2
Вода	4 991,1
Земля (биота)	30 425,9
Итого	39 472,2

Таблица 11

Приведенная масса выбросов, сбросов, размещенных отходов на территории Свердловской области за 2006–2011 гг.

Воздействие на окружающую среду	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
	тыс. усл. т	тыс. усл. т	тыс. усл. т	тыс. усл. т	тыс. усл. т	тыс. усл. т
Выбросы	11853,57	12162,80	11948,31	10815,24	11107,59	10388,22
Сброс загрязняющих веществ	130,75	142,01	129,7	112,83	111,42	115,71
Размещение токсичных отходов	39391,5	52089,5	42230	35130,5	47391,0	47595,0
Итого	51375,8	64394,3	54308,0	46058,5	58610,0	58098,9

няющим веществам приведены в табл. 12. Исходные данные для его расчета представлены в табл. 9 и 10 соответственно.

Расчитанный индикатор угроз АП для Свердловской области показывает (табл. 12), что угроза экологической техноёмкости территории по загрязняющим веществам существенно ниже по сравнению с другими рассмотренными угрозами. По мнению авторов, это связано с особенностью определения экологической техноёмкости территории и учетом только химического загрязнения окружающей среды, при том, что масштабы антропогенного воздействия намного шире.

Расчеты показали, что ситуация в Свердловской области на текущий период складывается крайне неблагоприятно. Максимальная техногенная нагрузка, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность всех реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств, существенно превышена. Поступающий в биогеохимический круговорот экологической системы антропогенный поток вещества и энергии лишь частично подвергается ассимиляции

и биотической нейтрализации в процессе деструкции, большая его часть накапливается в экологической системе, что неизбежно ведет к деградации окружающей среды, ее ресурсных компонентов.

Неблагоприятная экологическая обстановка в области складывалась в результате длительного экстенсивного развития базовых отраслей промышленности, оказывающих негативное воздействие на состояние окружающей среды. Несмотря на большую величину территории, мощный многоотраслевой промышленный регион исчерпал самовосстановительный потенциал природного ландшафта. В настоящее время и в перспективе это будет вызывать рост затрат на осуществление природоохранных мероприятий и увеличение экологических платежей для предприятий-природопользователей. В этой связи на современном этапе важно контролировать и снижать антропогенное воздействие на окружающую среду, в первую очередь, путем применения наилучших доступных технологий с высокой экологической эффективностью, размещения производительных сил с учетом степени их отрицательного экологического воздействия и др.

Таблица 12

Индикатор угрозы ассимиляционному потенциалу по загрязняющим веществам

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$I_{\text{зап}}$	1,3	1,6	1,4	1,2	1,5	1,5

### Список использованных источников

1. Живая Планета / под. ред. Моник Гро-те [Электронный ресурс] // Доклад Фонда живой природы, 2012. Режим доступа: <http://wwf.ru/resources/publ/book/584>.
2. Восстановление и перспективы дальнейшего развития экономики / С. Улатов, С. Титов, М. Магьцин, О. Емельянова, под руководством
3. К. Рихтера [Электронный ресурс] // Доклад Всемирного Банка об экономике России. 2013. № 29. Режим доступа: <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/>.
3. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов за 1990–2008 гг. ФГБУ «ИГКЭ



- Росгидромета и РАН». Режим доступа: <http://downloads.igce.ru/part1.pdf>.
4. Стародубец Н.В. Влияние антропогенного фактора на инвестиционную привлекательность региона : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2011.
  5. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития : учеб. пособие. М., 1994.
  6. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. М. : Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999. 71 с.
  7. Экологический рейтинг регионов России [Электронный ресурс] // Сайт общественной организации Зеленый патруль. Режим доступа: <http://www.greenpatrol.ru/regions/1304>.
  8. Белик И.С., Стародубец Н.В. Оценка влияния антропогенного фактора на инвестиционную активность ресурсных территорий // Вестн. УГТУ – УПИ. Серия экономика и управление. 2009. № 5.
  9. Белик И.С., Стародубец Н.В. Роль ассимиляционного потенциала в оценке инвестиционной привлекательности региона // Дискуссия. 2011. № 8 (16).