

ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В статье рассмотрены методы оценки экологической емкости, экологической техноёмкости территории, а также энергетический подход к оценке инфраструктурного потенциала территории юга Западной Сибири. Выполненные различными методами расчеты позволяют сопоставить результаты и оценить возможности по дальнейшему наращиванию инфраструктурного потенциала юга Западной Сибири без нарушения равновесия в эколого-экономической системе территории.

Наращивание инфраструктурного потенциала неизбежно влечет за собой увеличение техногенной нагрузки на территорию. Инфраструктурные отрасли – электроэнергетика, транспорт и связь — занимают первое место по объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу: 64 % выбросов веществ, загрязняющих атмосферу приходится на долю инфраструктурных отраслей¹.

Оценить устойчивость природной системы к техногенным воздействиям и установить реальные возможности по наращиванию инфраструктурного потенциала позволяет количественная оценка экологической емкости и экологической техноёмкости территории. Согласно принципам сбалансированного природопользования, инфраструктурное освоение территории и техногенная нагрузка на окружающую природную среду не должны превышать восстановительного потенциала экосистем, т.е. экологической техноёмкости территории. С одной стороны, экологическая техноёмкость территории – это показатель способности природной системы в регенерации изъятых из нее ресурсов, к нейтрализации вредных антропогенных воздействий, с другой – это мера максимально допустимого вмешательства человеческой деятельности в природные циклы.

В количественном выражении экологическая техноёмкость составляет долю общей экологической емкости территории, определяемую коэффициентом вариации отклонений характеристического состава среды от естественного уровня и его колебаний. Превышение этого уровня преимущественно обусловлено техногенным воздействием.

Для расчета экологической техноёмкости территорий воспользуемся формулой, предложенной Т.А. Акимовой и В.В. Хаскиным (1994). Если три компонента среды обитания – воздух, воду и землю, включая биоту экосистем и совокупность реципиентов, обозначить индексами соответственно 1, 2, 3, то экологическая техноёмкость может быть приближенно рассчитана по формуле

$$H_T = \sum \mathcal{E}_i X_i T_i \quad (i = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где H_T – оценка экологической техноёмкости территории, выраженная в единицах массовой техногенной нагрузки, усл. т/год; $\mathcal{E}_i$ – оценка экологической емкости i -й среды, т/год; X_i – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде; T_i – коэффициент перевода массы в условные тонны.

Удельная экологическая емкость компонентов среды определяется по зависимости

$$\mathcal{E} = VFC, \quad (2)$$

где V – экстенсивный параметр, определяемый размером территории: площадь, км², объем, км³; C – содержание главных экологически значимых субстанций в i -ой среде, т/км² или т/км³; F – скорость кратного обновления объема или массы среды.

¹ По данным: Охрана окружающей среды в России. Стат сб. Росстат. 2009.

По данным наблюдений наибольшая часть выбросов вредных веществ инфраструктурных отраслей приходится на атмосферу, поэтому в расчетах мы определяем экологическую емкость для приземного слоя воздуха и экологическую техноемкость территории для атмосферы.

Для воздуха удельная экологическая емкость определяется в зависимости от площади территории, приведенной высоты слоя воздуха, содержания главных экологически значимых субстанций и скорости кратного обновления массы.

Важным параметром является средняя годовая скорость ветра, с возрастанием которой повышается кратность обмена воздушных масс в приземном слое, и, как следствие, увеличивается удельная экологическая емкость. В расчетах данный параметр отражает переменная F – скорость кратного обновления объема или массы среды. Для воздуха $F = 55\,896v/\sqrt{S}$, где v – годовая средняя скорость ветра, м/с, S – площадь территории. В расчетах принято среднее значение C – содержание кислорода и углекислого газа в атмосферном воздухе (для южной зоны Западной Сибири $= 3 \cdot 10^5$ тыс. т/км³).

По формуле (1) на основе данных статистических, справочных и электронных источников нами выполнено сопоставление фактических выбросов загрязняющих веществ (тысяч тонн в год) с экологической техноемкостью приземных слоев атмосферы муниципальных районов территорий юга Западной Сибири. Результаты расчетов показывают, что величина удельной экологической техноемкости приземных слоев атмосферы муниципальных районов юга Западной Сибири варьирует от 7,75 тыс. усл. т/год до 152,86 тыс. усл. т/год. Различные показатели экологической техноемкости регионов изначально предопределяют дифференциацию величин возможных техногенных нагрузок на природные «резервуары» территории.

Высокая экологическая емкость компонентов среды муниципальных районов Республики Алтай и Алтайского края обусловлена разнообразным ветровым режимом. Особое место в распределении сильных ветров занимают горы Республики Алтай. Рельеф территории способствует усилению ветра, отмечаются случаи возникновения штормовых ветров. При этом показатель содержания вредных субстанций в воздухе, таких как содержание углекислого газа в атмосфере, диоксида серы и других наиболее «тяжеловесных» загрязнителей атмосферы является самым низким среди субъектов юга Западной Сибири.

Площадь территории Кемеровской области практически такая же как и Республики Алтай, однако, экологическая емкость Республики Алтай почти в три раза выше экологической емкости Кемеровской области. Это обусловлено разными режимами ветров и разными показателями приведенной высоты слоя воздуха (для открытых ровных пространств $h = 0,01$ км, для неровного рельефа и облесенных пространств $h = 0,02$ км).

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что в 130 муниципальных районах, которые составляют более 75 % территории юга Западной Сибири, фактическая техногенная нагрузка составляет менее 10 % экологической техноемкости приземных слоев атмосферы. Это позволяет сделать вывод, что в настоящее время функционирование инфраструктурных отраслей в целом по территории юга Западной Сибири является экологически безопасным.

Однако на территории имеются районы, в которых количество вредных выбросов в атмосферу приближается к показателю или превышает показатель удельной экологической техноемкости территории. Наибольшее значение показателя отношения экологической техноемкости к техногенной нагрузке имеют следующие муниципальные

районы: Благовещенский район (79,07 %) Алтайского края, Беловский (76,6 %), Ленинск-Кузнецкий (63,26 %) и Новокузнецкий (434,20 %) районы Кемеровской области, Искитимский (65,95 %) и Северный районы (140,62 %) Новосибирской области, Омский район (56,4 %) Омской области и Каргасокский район (118,65 %) Томской области. В этих районах экологическая обстановка может характеризоваться как критическая.

Также нами выделены отдельные городские агломерации и муниципальные образования, наращивание инфраструктурного потенциала которых требует особой регламентации и проведения природоохранных мероприятий (табл. 1).

Таблица 1

**Фактическая техногенная нагрузка от выбросов в атмосферу
загрязняющих веществ M_1 и экологическая техноёмкость приземных слоев
атмосферы T_1 крупных городов юга Западной Сибири**

Субъект	M_1 , тыс. т	T_1 , тыс. усл. т / год	(M_1 / T_1) 100 %
г. Горно-Алтайск	7,8	11,79875457	66,10867235
г. Барнаул	46,447	6,578963664	705,9926513
г. Новокузнецк	398,57	12,26524747	3249,587919
г. Ленинск-Кузнецкий	85,7	6,329863872	1353,899574
г. Новосибирск	108,756	7,768143924	1400,025554
г. Северск	22,0031	12,17550045	180,7161857
г. Томск	21,7855	8,900598558	244,7644376

Данные табл. 1 показывают, что фактическая техногенная нагрузка в крупных городах территории представляет собой сосредоточенный поток выбросов вредных веществ в атмосферу на ограниченной территории.

Выполненные расчеты показали, что муниципальные районы юга Западной Сибири обладают разной экологической техноёмкостью, что обусловлено комплексом природно-климатических факторов. Разные показатели экологической техноёмкости изначально определяют дифференциацию величин возможных антропогенных нагрузок на отдельные территории и регион в целом.

В целом при использовании данного метода расчетов и сопоставления экологической техноёмкости и экологической ёмкости территории важнейшим параметром являются сведения о количестве вредных выбросов в атмосферу. Эти сведения представлены в статистических сборниках на основании данных, полученных из администраций районов, и не всегда точно отражают ситуацию. Поэтому далее рассмотрим альтернативный метод определения количества вредных веществ выбрасываемых в атмосферу.

Энергетический подход к анализу эколого-экономических отношений в природопользовании имеет большое значение. По многочисленным данным существует почти линейная функциональная зависимость между энергопотреблением и природоёмкостью инфраструктурных отраслей.

Для инфраструктурных отраслей существует постоянное соотношение между выработкой вредных веществ и потреблением энергии. Применительно к крупным инфраструктурным комплексам надёжность энергетического подхода повышается тем обстоятельством, что преобладающая доля расхода энергии (топлива) и наибольшая масса вредных выбросов приходится на тепловые станции и на транспорт, для которых связь «топливо – загрязнение» легко определяется.

Энергетический подход является альтернативным способом расчета техногенной нагрузки. Суть этого подхода заключается в том, что при проведении расчетов учитываются статистические данные не о выбросах вредных веществ в атмосферу (как

рассмотрено при расчете экологической емкости и экологической техноёмкости), а данные об энергопотреблении.

Данные табл. 2 и 3 позволяют оценить объемы расхода топлива и топливных эквивалентов электроэнергии на территории юга Западной Сибири. Анализ данных табл. 2 показывает, что на протяжении последнего десятилетия количество потребляемого топлива из года в год существенно не изменяется.

Таблица 2

**Общее потребление энергоресурсов, включая электро- и теплоэнергию,
млн т условного топлива²**

Субъект	2005	2007	2009
Республика Алтай	0,2	0,3	0,2
Алтайский край	9,7	9,2	9,0
Кемеровская область	38,1	38,4	37,8
Новосибирская область	10,8	11,6	11,3
Омская область	11,0	11,8	11,5
Томская область	5,6	6,0	5,6

В целом на территории южной зоны Западной Сибири в 2009 г. потреблено 75,4 млн т условного топлива. При этом из них более 50 % расхода топлива приходится на Кемеровскую область. Это косвенно подтверждает приведенные выше расчеты о высокой техногенной нагрузке на приземные слои атмосферы в Кемеровской области и, как следствие, тяжелую экологическую обстановку в регионе.

Энергоемкость валового регионального продукта является важным показателем при проведении эколого-экономической оценки инфраструктурного потенциала территории (см. табл. 3).

Согласно данным табл. 3 наибольшая энергоемкость ВРП в Кемеровской области – 0,46 т усл. топлива на 1 000 р. ВРП. Этот показатель является самым высоким не только среди регионов Сибирского Федерального округа, но и в целом по стране. Такая энергоемкость валового регионального продукта неизбежно отрицательно сказывается на экологической обстановке региона.

Таблица 3

**Энергоемкость валового регионального продукта
(расход энергоресурсов в расчете на 1 тыс. р. ВРП)³**

Субъект	Электроэнергии, кВт · ч		Теплоэнергии, Гкал		Котельно-печного топлива, т	Всего 2009 г., т усл. топлива
	2004	2009	2004	2009	2009	
Республика Алтай	37,9	38,9	0,05	0,05	0,05	0,07
Алтайский край	102,0	97,7	0,23	0,21	0,14	0,20
Кемеровская обл.	288,2	268,2	0,36	0,34	0,32	0,46
Новосибирская обл.	77,2	74,8	0,12	0,12	0,10	0,14
Омская обл.	107,5	99,3	0,32	0,29	0,14	0,22
Томская обл.	111,0	106,2	0,16	0,13	0,12	0,17

² По данным: Электропотребление Сибирского Федерального округа, Новосибирск, 2009. Топливно-энергетический комплекс в регионах СФО, Иркутск, 2009.

³ В пересчете на условное топливо используются коэффициенты в соответствии с международной практикой: 1 тыс. кВт/ч эл/энергии = 0,3445 т. у. т., 1 Гкал теплоэнергии = 0,1486 т. у. т.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что наименее энергоемким является производство в Республике Алтай, Новосибирской области и Томской области.

Сопоставление данных об энергопотреблении с официальными данными о фактической техногенной нагрузке (табл. 4) позволяет существенно уточнять информацию о масштабах загрязнения окружающей среды. Анализ данных табл. 4 в целом подтверждает достоверность информации использованных нами источников и выполненные расчеты, но также позволяет выявить некоторое несоответствие пропорциональности фактической техногенной нагрузки и энергопотребления. Так, согласно официальным данным о выбросах вредных веществ в атмосферу, Новосибирская область производит 8,62 % загрязнений территории южной зоны Западной Сибири, однако энергетический подход показывает, что Новосибирская область расходует 15 % условного топлива в год всей территории региона. Следовательно, в Новосибирской области производится больше вредных выбросов в атмосферу: пропорционально сожженному топливу.

Таблица 4

Фактическая техногенная нагрузка от выбросов в атмосферу загрязняющих веществ M_1 и энергопотребление E_1

Субъект	Фактическая техногенная нагрузка, M_1		Энергопотребление, E_1	
	Всего, тыс. т	Доля субъекта регионов южной зоны ЗС, %	Всего, млн т усл. топлива	Доля регионов южной зоны ЗС, %
Республика Алтай	11,5	0,47	0,2	0,26
Алтайский край	215,0	8,94	9	11,94
Кемеровская обл.	1 453,8	60,45	37,8	50,13
Новосибирская обл.	2 07,4	8,624	11,3	14,99
Омская обл.	197,6	8,22	11,5	15,25
Томская обл.	319,7	13,29	5,6	7,43
ИТОГО	2405	100	75,4	100

Другими словами, по количеству сожженного в энергетических предприятиях топлива в Новосибирской и Омской областях общая масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и передвижных источников в 2009 г. составила не 405 тыс. т (как указано в статистических отчетностях), а, по меньшей мере, в два раза больше, что составляет около 800 тыс. т.

В соответствии с энергетическим подходом к соизмерению природных и инфраструктурных потенциалов территории зональная принадлежность и инфраструктурная насыщенность территории могут быть количественно оценены с помощью энергетических показателей. Масштаб технической энергетики и плотность населения, отнесенные к биотическому потенциалу территории, характеризуют состояние эколого-экономических систем территории.

В основу количественной оценки при энергетическом подходе заложен эргодемографический индекс:

$$J_{\text{эд}} = 7 \cdot 10^{-6} p E / p_0 R S,$$

где p – средняя плотность населения территории, p_0 – средняя плотность населения по стране (для РФ – 8,5 чел./км²), E – расход топлива и топливных эквивалентов электроэнергии на территории, тонн условного топлива в год (млн тут/год), R – суммарная солнечная радиация, (в килокалориях на 1 см²/год), S – площадь территории.

Результаты расчетов эргодемографического индекса для субъектов южной зоны Западной Сибири представлены в табл. 5.

Таблица 5

Эргодемографический индекс территорий юга Западной Сибири

Субъект	p	E	p_0	R	S	$J_{эд}$
Республика Алтай	2,21	0,2	8,5	0,12	92,9	0,032651597
Алтайский край	15,02	9	8,5	0,12	168	5,522058824
Кемеровская обл.	29,53	37,8	8,5	0,1	95,7	96,05554121
Новосибирская обл.	14,85	11,3	8,5	0,1	177,8	7,772348309
Омская обл.	14,36	11,5	8,5	0,1	141,1	9,63838746
Томская обл.	3,29	7,7	8,5	0,1	314,4	0,663564586

Данные табл. 5 показывают, что в зависимости от конкретных условий эргодемографический индекс может варьировать в пределах нескольких порядков, что позволяет отчетливо выделять эколого-экономические системы разных типов в пределах хозяйственных комплексов территорий юга Западной Сибири.

Таким образом, методы оценки экологической емкости, экологической техноёмкости и энергетический подход к оценке инфраструктурного потенциала территории юга Западной Сибири позволяют сделать вывод о том, что дальнейшее наращивание инфраструктурного потенциала без нарушения равновесия в эколого-экономической системе территории юга Западной Сибири представляется в целом возможным. При этом нами выделены отдельные городские агломерации и муниципальные образования, наращивание инфраструктурного потенциала которых требует особой регламентации и проведения природоохранных мероприятий.

Библиографический список

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития. М.: Изд-во Рос. экон. акад., 1994. 312 с.
2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу городов и районов Новосибирской области в 2009 году. Статистический бюллетень. Новосибирскстат. Новосибирск, 2009. 46 с.
3. Охрана окружающей среды в России. Стат сб. Росстат. 2009. 489 с.
4. Попова Н.Б. Эколого-географические условия природопользования в зоне влияния Транссибирской магистрали (Западная Сибирь). Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2001. 182 с.
5. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю. URL: <http://www.ak.gks.ru>.
6. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области. URL: <http://www.kemerovostat.ru>.
7. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области. URL: <http://www.novosibirskstat.ru>.
8. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Омской области. URL: <http://www.omskstat.ru>.
9. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Томской области. URL: <http://www.tomskstat.ru>.
10. Топливо-энергетический комплекс в регионах СФО. Иркутск, 2009.
11. Электропотребление Сибирского Федерального округа: анализ и прогноз. Новосибирск, 2009. 182 с.