

УДК 581.52+581.524.3+574.9

## ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИ ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ

© 2009 Э.Г. Коломыц, Л.С. Шарая

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти; e-mail: egk2000@mail.ru

Изложен опыт использования методов ландшафтной экологии в оценках биотической регуляции углеродного цикла при глобальных изменениях климата. Созданы аналитические и картографические эмпирико-статистические модели, позволяющие вскрыть локальные механизмы биотической регуляции. Даются прогнозные оценки углеродного баланса в лесных экосистемах по сценарию HadCM3-2000 (версия A2) предстоящего глобального потепления.

Ключевые слова: *биогеоценоз, изменения климата, эмпирико-статистическое моделирование, картографирование, экологическое прогнозирование, экосистема.*

### ВВЕДЕНИЕ

Познание локальных (топологических) и региональных механизмов устойчивости континентальной биосферы может внести существенный вклад в оценку экологических последствий глобального воздействия человека на климат. Речь идет об изучении процессов биотической регуляции углеродного цикла в системе почва–растительность–атмосфера [2, 3, 11 и др.]. Этой проблеме посвящена весьма обширная литература как в нашей стране, так и за рубежом [3, 4, 7, 16, 18 и др.]. Однако основное внимание уделяется методикам определения углеродных пулов в различных компонентах фитобиоты и в почве, а также изучению «работы» углеродного цикла и современного содержания углерода в лесных, болотных и других экосистемах. Гораздо слабее освещены вопросы количественной оценки реакции различных биотических компонентов углеродного цикла на глобальные климатические изменения.

Дальнейшее развитие концепции биотической регуляции видится в изучении локальных механизмов биологического круговорота, обеспечивающего устойчивость природной среды в соответствии с принципом Ле Шателье [2]. Топоэко-системы как элементарные биохорологические единицы биосферы представляет собой наиболее комплексную и активную часть природной среды, ее функциональное «ядро» [9, 10], поэтому истоки механизмов, регулирующих влаго- и газообмен земной поверхности с атмосферой, следует искать в метаболических режимах локальной размерности. Пространственное разнообразие биологического круговорота обусловлено в первую очередь структурной неоднородностью биогеоценозов (ландшафтных фаций). В та-

ком аспекте концепция биотической регуляции углеродного цикла в биосфере, насколько нам известно, до сих пор еще не разрабатывалась.

### ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ

Вопросы прогнозной динамики лесных экосистем в условиях меняющегося климата разработаны еще весьма слабо. Зарубежные прогнозные разработки носят преимущественно обзорный (мелкомасштабный) характер [13] и поэтому не могут вскрыть причинных механизмов пространственного разнообразия реакций лесных сообществ на одни и те же климатические сигналы, а также их обратного влияния на климат. Известные имитационные модели реакции лесов на климатические воздействия [7, 14, 16, 18 и др.], при всей их эффективности, ограничены узкими заданными рамками условий местообитания, поэтому получаемые результаты расчетов недостаточны для прогноза состояний всего спектра лесных сообществ в экорегионе или в природной зоне. Даже на локальном уровне они не охватывают пространственного многообразия сукцессионных смен при одном и том же фоновом воздействии.

В настоящем сообщении представлен опыт применения ландшафтно-экологического подхода к изучению феномена биотической регуляции углеродного цикла. Этот подход основан на построении дискретных эмпирико-статистических моделей природных экосистем, по определению [8]. Он позволяет вскрыть причинные механизмы пространственного разнообразия влияния фитобиоты на углеродный обмен земной поверхности с атмосферой и выделить те из них, которые могут обеспечить устойчивость наземных

экосистем к изменениям климата в соответствии с принципом Ле Шателье. При ландшафтно-экологическом моделировании, описывающем поведение гео(эко-)систем как целостных образований, удастся оперировать сравнительно небольшим числом наиболее информативных признаков и получать результаты с гораздо более высокой степенью пространственного разрешения по сравнению с тем, что дают, например, имитационные модели. Это находит отражение на картах прогнозируемых параметров биологического круговорота и углеродного баланса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужили лесные экосистемы основного водосбора Волжского бассейна. Использованы материалы крупномасштабных ландшафтно-экологических съемок, проведенных нами ранее на экспериментальных полигонах по специально разработанной методике [5] на экспериментальных полигонах Среднего и Верхнего Поволжья. Полигоны охватывают широкий спектр зональных систем – от южной лесостепи до смешанных лесов южнотаежного облика [5]. Каждый полигон характеризует определенный экорегион.

В пределах полигона на основе 45-65 пробных площадей выделялись шесть биогеоценологических (фациальных) групп, расположенных по вектору локального ландшафтного сопряжения (микрорайоны), согласно [1], – от элювиальных и трансэлювиальных типов местоположений через транзитные и трансаккумулятивные типы до аккумулятивных и супераккумулятивных. На региональном уровне система мезоместоположений имела аналогичный характер. Среди биогеоценозов выделялась плакорная группа как локальный зональный представитель данного экорегиона. Остальные биогеоценозы рассматривались как экстразональные, отображающие фоновые условия других регионов, нередко весьма удаленных. Для данного сообщения использованы следующие дискретные параметры малого биологического круговорота: 1) скелетная древесно-кустарниковая фитомасса – *BS*; 2) масса корней – *BR*; 3) общая зеленая масса – *BV*; 4) масса лесной подстилки – *ML*; 4) мертвая скелетная фитомасса (валеж и сухостой) – *WD*; 6) масса гумуса в органно-минеральных горизонтах почвы – *HU*.

Локальные механизмы биотической регуляции изучались на основе прогнозируемых изменений биологического круговорота в лесных биогеоценозах при заданных сценариях климатического прогноза до 2100 г. (по глобальной модели HadCM3, версия A2 [15]). Как и большинство

известных моделей семейства AOGCMs, данная модель предсказывает термоаридный климатический тренд по всей Средней полосе Русской равнины. Для прогнозирования дискретных параметров биологического круговорота предварительно проводилась гидротермическая ординация этих параметров в пространстве локальных ландшафтных сопряжений по каждому экорегиону. Было установлено, что основным каналом связи метаболических параметров с климатическими сигналами служит легнее влагосодержание почвы [5], динамика которого и легла в основу прогнозных моделей углеродного баланса экосистем.

Оценки изменений содержания углерода в различных биотических компонентах и в целом по лесным биогеоценозам проведены по известному лесоводственному методу, основанному на динамике живых и мертвых фитомасс [11]. Изменение массы потока углерода  $\Delta C(Fa)$  над растительным покровом, т.е. углеродный баланс почвенно-растительного комплекса, на данный прогнозный срок рассчитывали по формуле

$$\Delta C(Fa) = \Delta C(WD) + \Delta C(ML) + \Delta C(HU) - \Delta C(BS) - \Delta C(BV) - \Delta C(BR).$$

Параметр  $\Delta C(Fa)$  определялся для каждой группы биогеоценозов данного экорегиона. При положительных величинах первые три слагаемые правой части уравнения дают прибавку эмиссии  $CO_2$  из почвенно-растительного покрова в атмосферу, а вторые – убыль этого потока. При отрицательных же значениях указанных параметров картина обратная. Таким образом, по прогнозируемому параметру  $\Delta C(Fa)$  можно оценить, будет ли поглощать данное лесное сообщество дополнительное количество  $CO_2$  из атмосферы в результате сдвигов в биологическом круговороте или, наоборот, станет источником его дополнительных выбросов.

Для построения крупномасштабных растровых карт дискретных параметров биологического круговорота (как для базового периода, так и для прогнозных сроков) применены новые методы геоморфометрии, разработанные П.А. Шарым [12], и программа «GIS Eco» [17]. Картографирование основывалось на предварительно выявленных статистически значимых связях структурных и функциональных характеристик локальных экосистем с морфометрией рельефа. Для этого были использованы спутниковые данные НАСА о рельефе – матрицы высот земной поверхности, полученные в ходе выполнения проекта SRTM30 «США-Италия-Германия» (2000 г.).

Переход от локального уровня прогнозного картографирования на региональный осуществлялся с помощью предложенного нами метода индукционно-иерархической экстраполяции. Каж-

дый тип растительной формации, выделенный на геоботанической карте, идентифицируется определенной плакорно-экстразональной группой биогеоценозов, образующих региональную микрокатенарную систему локальной зональности, адекватную вектору прогнозируемых изменений климата. Затем каждый ареал данной формации, представленный как своего рода мезокатена, дробится на региональные типы местоположений, для чего используются новые методы геоморфометрической статистики. Создается промежуточная карта типов мезоместоположений на всю лесопокрытую площадь региона (с учетом терморезима склонов). Последняя рассчитывается по рельефу региона на основе выявленной статистически тесной связи типов местоположений с характеристиками рельефа. Принимая, согласно концепции [6], мезокатену в качестве гомоморфного образа микрокатены, разносим имеющиеся биогеоценозы каждой выделенной группы по мезогеотопам соответствующего геоботанического ареала. Полученная таким образом региональная фито-катенарная мозаика насыщается далее базовыми или прогнозными метаболическими параметрами биогеоценозов, взятых уже в качестве локальных представителей тех или иных природных зон и регионов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прогнозные расчеты показали, что при развитии термоаридного климатического тренда в бореальных и суббореальных лесах наибольшие по абсолютному значению изменения должен испытать автотрофный биогенез, дающий  $BS$ ,  $BV$  и  $BR$  фитомассы. Приоритетный вклад в изме-

нения углеродного баланса будет вносить динамика прироста древесины. К 2100 г. в своих экстремальных значениях  $\Delta C(BS)$  составит от (-)37–40 т/га в плакорных и трансаккумулятивных липняках Жигулевского массива до (+)95–100 т/га в трансэлювиальных хвойно-широколиственных лесах Нижегородского Предволжья. Величины же экстремальных  $\Delta C(F_a)$  будут равны соответственно -(78–83) и +(115–120) т/га. Таков возможный размах изменений потока углерода, вызванных неоднозначной реакцией бореальных и неморальных лесов.

Экорегiónы не только существенно различаются в обобщенных величинах углеродного баланса (табл. 1), но имеют также весьма пеструю картину его распределения по микрокатенам. Зонально-региональные контрасты биотической регуляции углеродного цикла можно проследить по значениям  $\Delta C(F_a)$  для плакорных топозкосистем экспериментальных полигонов. Перечислим эти значения (в т/га) на прогнозные сроки 2030, 2050 и 2100 гг.

1. Жигулевский массив, липняки и сосняки южной лесостепи → (-)69,91; (-)77,29; (-)83,11.
2. Присурье, дубо-липняки и хвойные леса типичной лесостепи → (-)37,34; (-)34,42; (-)23,33.
3. Возвышенное Нижегородское Предволжье, смешанные и темнохвойные леса неморальнолесной подзоны (урочище Зеленый Город) → (+)30,00; (+)43,91; (+)70,90.
4. Там же, массив Щелоковский Хутор (липовые дубравы) → (-)78,62, (-)78,66, (-)89,86;
5. Низменное Среднее Приочье (Приокско-Террасный заповедник), южная границы подтаежной зоны: а) сосново-широколиственные леса → (-)30,77; (-)29,73; -27,91; б) березняки и осин-

**Таблица 1.** Средневзвешенное по площади базовое содержание органического углерода в почвенно-растительном покрове (т/га) и его прогнозируемые изменения на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Среднего и Верхнего Поволжья

ООПТ	Базовый период	Прогнозные сроки, гг.				
		2010	2030	2050	2075	2100
А. Национальный природный парк «Самарская Лука», Жигули (подзона южной лесостепи, у южной границы)	218.59	-44.01 (20.1)	-52.85 (21.2)	-58.40 (26.7)	-62.82 (28.7)	-66.03 (30.2)
Б. Национальный природный парк «Чаваш Вармане», правобережное При сурье (неморальнолесная подзона)	174.57	14.03 (8.0)	16.78 (9.6)	19.57 (11.2)	24.90 (14.3)	29.56 (16.9)
В. Приокско-Террасный биосферный заповедник, Среднее Приочье (смешаннолесная зона, у южной границы)	209.06	1.28 (0.6)	4.65 (2.2)	4.78 (2.3)	7.88 (3.8)	6.34 (3.0)

Примечание. В скобках указаны отклонения от базовой величины, %.

ники с липой → (+)19,13; (+)20,37; (+)22,32.

6. Низменный зандр Нижнего Приочья, елово-сосновые полесья → (-)50,84; (-)51,37; (-)53,34.

7. Нижегородское Заволжье (Керженский заповедник), ельники и сосняки южной подтайги → (-)29,09; (-)33,24; (-)31,32.

До конца XXI в. содержание углерода, законсервированного в фитомассе лесов Среднего и Верхнего Поволжья, может измениться на ±(25–50)% от базовой величины, что указывает на их существенную роль в грядущей биотической регуляции углеродного цикла [5]. Наиболее сильно сократится продуктивность маргинальных лесных сообществ на зональных экотонах леса и степи (см. табл. 1, А), что вместе с усилением разложения древесной мортмассы и гумуса вызовет рост содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере. Основную положительную регуляцию углеродного обмена наземных экосистем с атмосферой, направленную на снижение ее парникового эффекта, будут выполнять широколиственно-еловые и темнохвойные леса возвышенных равнин в неморально-лесной подзоне (см. выше, урочище Зеленый Город) и в южной полосе подтаежной зоны. Второстепенную роль сыграют трансаккумулятивные и супераккумулятивные сосняки низменно-зандровых полесий, где ΔC(Fa) = 15–25 т/га. Это, пожалуй, единственная группа формаций бореальных лесов, которая окажет существенную поддержку устойчивости континентальной биосферы в условиях глобального потепления.

Рассмотрим картографические модели углеродного баланса лесов на срок до 2050 г., когда ожидается удвоение концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере. Для локального уровня дан пример карт C<sub>баз</sub> и ΔC(Fa) лесного массива Приокско-Террасного биосферного заповедника (рис. 1). Карты построены на основе связей указанных параметров с наиболее значимыми факторами среды (r<sub>s</sub> – коэффициент корреляции Спирмана, P – уровень значимости Пирсона):

$$C_{\text{баз}} = 243,69 - 92,82 \cdot MCA - 41,62 \cdot kh + 22,31 \cdot Z; (r_s = 0,49; P < 0.01);$$

$$\Delta C(Fa) = -5,25 + 10,18 \cdot MCA + 8,07 \cdot Q - 3,21 \cdot kA; (r_s = 0,50; P < 10^{-3}).$$

Здесь Z – абс. высота, MCA – площадь водосбора, kh – горизонтальная кривизна, выявляющая области конвергенции потоков, с ростом депозита углерода, kA – аккумуляционная кривизна, различающая зоны сноса, транзита и накопления потоков (максимум ΔC(Fa) – в зонах транзита); Q – освещенность склонов при положении Солнца в южном азимуте.

Как видно, в базовый период наибольшие суммарные запасы углерода свойственны слабоклонным приводораздельным областям, с наименьшей площадью водосбора. В прогнозируемый срок эти местоположения, а также относительно крутые склоны, особенно хорошо прогреваемые при южном азимуте солнца, будут отличаться максимальной эмиссией CO<sub>2</sub>. Лесные же массивы, расположенные в оврагах и притальеговых областях, окажутся пулами с наибольшим

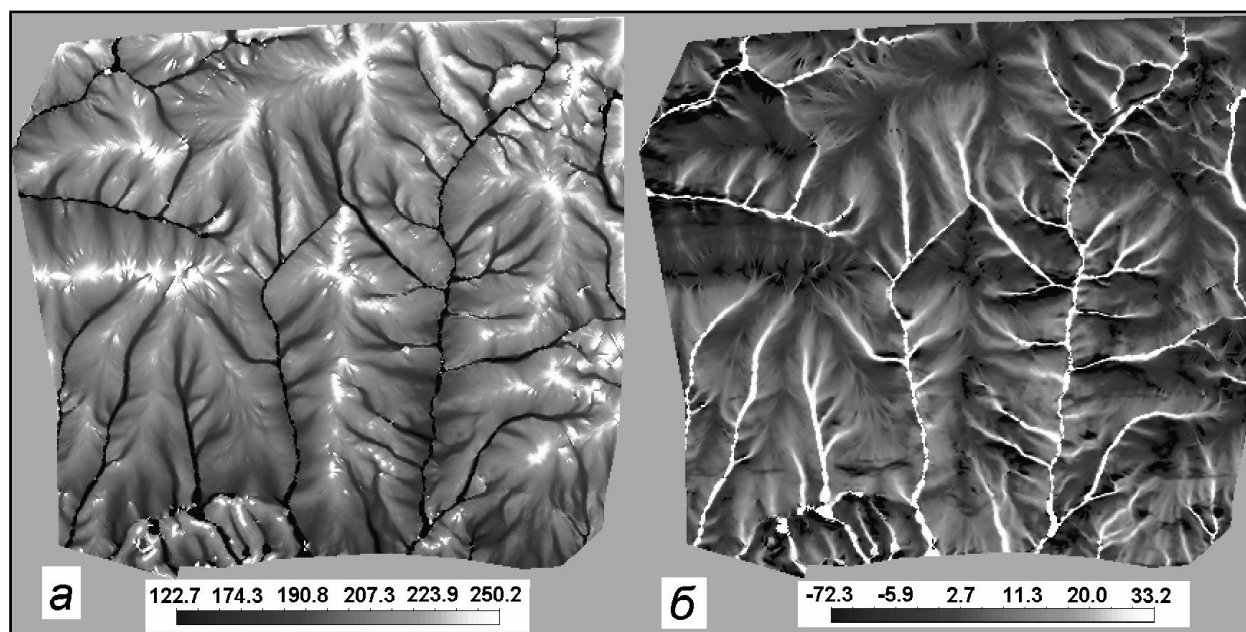


Рис. 1. Приокско-Террасный биосферный заповедник. Карты содержания суммарного углерода (т/га) в лесных биогеоценозах для базового периода (а) и его изменений (т/га) к 2050 г. (б): Шаг решетки - 20 м; ведущие предикторы см. в тексте; среднее базовое содержание углерода по матрице - 205,2 т/га; среднее изменение запасов углерода к 2050 г. - 8,72 т/га.

**Таблица 2.** Прогнозируемые к 2050 г. изменения суммарных запасов углерода (в млн. т.) в растительных формациях Окского бассейна, согласно климатической модели HadCM3 (версия A2)

Леса (группы растительных формаций)	Площадь, кв. км	Базовый суммарный углерод	Изменение содержания углерода			
			депозит	эмиссия	общий итог	
					млн. т.	%
1. Еловые и широколиственно-еловые смешанные	2034	37.14	3.02	-1.8	1.22	3.28
2. Сосновые и широколиственно-сосновые смешанные	26230	481.76	45.77	-23.17	22.6	4.69
3. Широколиственные	4770	84.68	6.76	-4.96	1.8	2.13
4. Вторичные на месте еловых и смешанных	17770	293.26	40.77	-14.79	25.98	8.86
5. Вторичные на месте сосновых и смешанных	16670	318.70	40.97	-51	-10.03	-3.15
6. Вторичные на месте широколиственных	4911	76.83	0.42	-1.18	-0.76	-0.99
7. Болотные	2343	35.18	1.01	-0.17	0.84	2.39
8. Пойменные	9219	149.28	6.62	-4.45	2.17	1.45
Все группы лесных формаций	83947	1476.83	145.34	-101.52	43.82	2.97

депонированием углерода.

Региональный уровень представлен Окским бассейном (рис. 2). Формирование карты путем насыщения мезокатен каждой растительной формации рассчитанными данными о депозите и эмиссии углерода позволило определить ведущие предикторы, связанные с изменением углеродного баланса для разных типов леса. Ниже приводим уравнения множественной регрессии для связи параметра  $X = \Delta C(Fa)$  с наиболее значимыми факторами среды:

а) еловые и широколиственно-еловые леса:

$$X = 76,7 \cdot Z + 46,7 \cdot T + 24,0 \cdot Q - 63,8;$$

б) сосновые и широколиственно-сосновые леса:  $X = -24,0 \cdot Z + 21,0 \cdot MCA - 7,1 \cdot Q + 12,1;$

в) широколиственные леса:  $X = -76,2 \cdot T + 42,9 \cdot MCA + 12,1 \cdot GA + 15,1;$

г) вторичные леса на месте сосновых:  $X = 83,1 \cdot k_{\max} + 76,6 \cdot MCA + 9,7 \cdot T - 61,6;$

д) все вторичные леса бассейна:  $X = 37,5 \cdot MCA - 18,4 \cdot GA - 10,9 \cdot T + 12,7.$

Здесь:  $GA$  - крутизна склонов;  $k_{\max}$  - максимальная кривизна, определяющая гребневые формы рельефа;  $T$  - средняя температура июля (остальные обозначения см. выше).

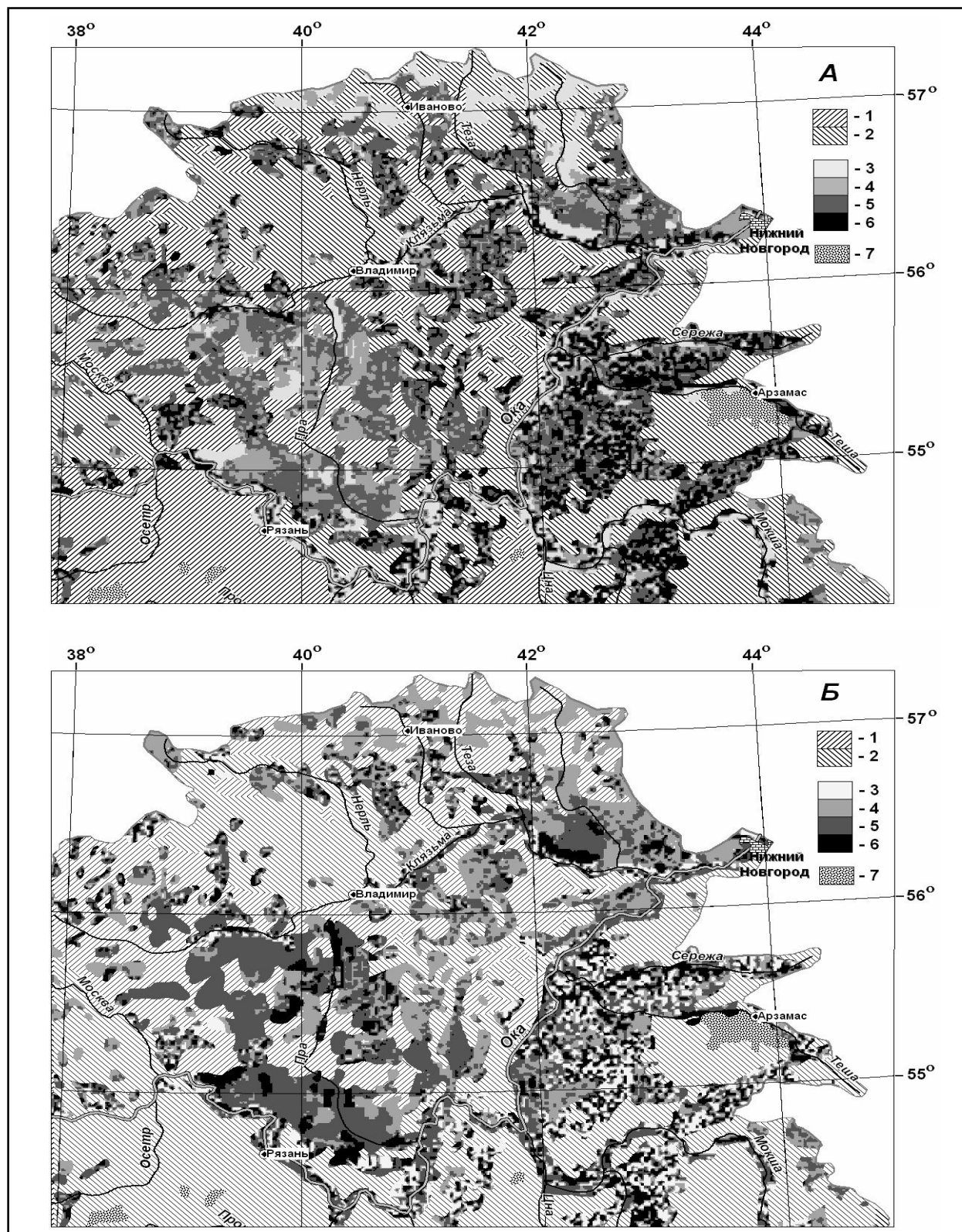
Современный лесной покров Окского бассейна, составляющий немногим более 1% площади лесов России, должен осуществлять при глобальном потеплении в целом позитивную регуляцию углеродного цикла. Однако сама ее величина не будет сколько-нибудь значительной ввиду сравнительно малых изменений содержания углерода в большинстве пулов, в том числе в скелет-

ной фитомассе. Прогнозная карта вскрывает также резко выраженную контрастность и мелкоконтурную пятнистость положительных и отрицательных величин углеродного баланса:  $\Delta C(Fa)$  меняется от (-)115–80 до (+)65–100 т/га.

В целом в темнохвойных лесах бассейна депозит углерода почти на 70% превысит его эмиссию, однако из-за незначительной площади этих формаций их общий вклад в изменение углеродного баланса региона не превысит 6% (табл. 2). Сосновые и широколиственно-сосновые формации будут так же положительно влиять на углеродный цикл, но гораздо слабее, чем темнохвойные леса. Несмотря на то, что сосняки занимают наибольшие площади в бассейне, их позитивный вклад в регуляцию углеродного цикла окажется сравнительно небольшим. К 2050 г. они смогут содержать менее 25% массы углерода, депонированной во всех лесах региона. Широколиственные леса окажут преимущественно отрицательное влияние на углеродный цикл, однако это влияние будет незначительным ввиду весьма ограниченного распространения этих лесов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1964.
2. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995.
3. Заварзин Г.А. Углеродный баланс России // Возможные предотвращенные изменения климата и его последствий. М.: Наука, 2007.



**Рис. 2.** Фрагменты карт суммарного содержания углерода и его прогнозируемых изменений на территории Окского бассейна:

**А.** Распределение содержания углерода на конец базового периода (1985 г.); запасы углерода (т/га): 1 – 10,2-15,0; 2 – 15,0-19,3; 3 – 43-130; 4 – 130-160; 5 – 160-200; 6 – 200-423.

**Б.** Распределения углеродного баланса на прогнозный срок 2050 г.; изменение суммарных запасов углерода по отношению к базовому периоду (т/га):

1 – (-1,3±0; 2 – 0±5,5; 3 – (-)136÷(-)25; 4 – (-)25±0; 5 – 0±25; 6 – 25±115;

1-2 – фрагментарные лесные массивы на территории сельскохозяйственных полей;  
3-6 – лесные территории; 7 – острова распаханых степей

4. *Исаев А.С., Коровин Г.Н.* Углерод в лесах Северной Евразии // *Круговорот углерода на территории России*. М.: Мин-во науки и технологий РФ, 1999.
5. *Коломыц Э.Г.* Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М.: Наука, 2008.
6. *Полынов Б.Б.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
7. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Г.А. Заварзин. М. Наука, 2007.
8. *Розенберг Г.С.* Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984.
9. *Сочава В.Б.* Геотопология как раздел учения о геосистемах // *Топологические аспекты учения о геосистемах*. Новосибирск: Наука, 1974.
10. *Тимофеев-Ресовский Н.В.* Структурные уровни биологических систем // *Системные исследования*. Ежегодник. 1970. М.: Наука, 1970.
11. *Цельникер Ю.Л.* Газообмен CO<sub>2</sub> в лесных биогеоценозах / *Идеи биогеоценологии в лесоведении и лесоразведении*. М.: Наука, 2006.
12. *Шарая Л.С.* Количественный анализ пространственной изменчивости некоторых параметров состояния экосистемы Жигули // *Самарская Лука. Бюл.* 2007. Т. 16. № 4 (22).
13. *Aber J, Nelson R.P., McNulty St. et al.* Forest Processes and Global Environmental Change: Predicting the Effects of Individual and Multiple Stressors // *BioScience*. 2001. V. 51, N 9.
14. Impacts of climatic change on natural ecosystems (with emphasis on boreal and arctic/alpine areas) / Ed. Holten J.I., Paulsen G., Oechel W.C. Trondheim: NINA and DN, 1993.
15. *Pope V.D., Gallani M.L., Rowntree P.R., Stratton R.A.* The impact of new physical parametrizations in Hadley Centre climate model – HadCM3 // *Climate Dynamics*. 2000. V. 16.
16. *Schimal D.S., House J.L., Hibbard K.A., et al.* Resent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems // *Nature*. 2001. V. 414.
17. *Shary P.A.* Personal research website on geomorphometry and applications. 2006. Website: <http://www.giseco.info/>. На рус. яз. веб-сайт <http://www.esti-map.ru/>.
18. *Smith T.M., Leemance R., Shugart H.H.* Sensitivity of terrestrial carbon storage to CO<sub>2</sub>-induced climate change: comparison of four scenarios based on general circulation models // *Climatic Change*. 1992. V. 21.

## LANDSCAPE-ECOLOGICAL PREDICTIVE MODELS OF CARBON BALANCE IN FOREST ECOSYSTEMS UNDER GLOBAL WARMING

© 2009 E.G. Kolomyts, L.S. Sharaya

Institute of Ecology of the Volga River Basin Russian Academy of Sciences, Togliatti;  
e-mail: egk2000@mail.ru

The experience of application of landscape-ecological methods for evaluations of carbon cycle biotic regulation in forest ecosystems is presented. Methods are described for constructing analytical and cartographic empirical-statistical models that make it possible to reveal the zonal/regional types of forest formations capable of stabilizing the continental biosphere in the changing climate. The prognosis of changes of biological cycle and biotic regulation of the carbon cycle according to the scenarios HadCM3 model (version 2) of forthcoming greenhouse warming is presented.

Key words: *biogeocenosis, climate changes, empiriko-statistical modeling, cartographic, ecological prognosis, ecosystems.*