

*Э.Г. Коломыц*

Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем.  
М.: Наука, 2008. 427 с.

В книге впервые излагается развернутая прогнозная топо-экологическая концепция «глобальные изменения на локальном уровне» как научно-методическая основа локального мониторинга лесных экосистем при глобальных изменениях



климата. Концепция направлена на решение проблем сохранения и воспроизводства лесных ресурсов в зоне переходов от леса к степи, а также на установление локальных механизмов биотической регуляции состояния природной среды в условиях предстоящего глобального потепления.

Рассмотренные автором монографии вопросы прогнозного анализа состояния лесных экосистем с позиций их возможной реакции на глобальные изменения климата освещены в мировой литературе крайне недостаточно. Известные к настоящему времени механистические имитационные модели реакции лесов на климатические воздействия отвечают узким заданным рамкам условий местобитания, поэтому результаты такого моделирования не могут быть использованы при прогнозе состояния всего лесного сообщества как целого и не

охватывают пространственного многообразия сукцессионных смен при одном и том же фоновом воздействии. Разработанный автором локальный ландшафтно-экологический прогноз основан на построении дискретных эмпирико-статистических моделей природных экосистем, которые позволяют получать результаты с более высоким пространственным разрешением, нежели при имитационном моделировании, и выходить на достаточно широкие географические обобщения.

Первый шаг к познанию локальных механизмов глобальных изменений осуществлен автором через методическую конструкцию с рабочим названием «эмпирическая имитация регионального биоклиматического тренда экосистемами локального уровня». Были выявлены закономерности преломления зонально-регионального биоклиматического фона местными геоморфологическими и гидро-эдафическими факторами. В пределах каждой региональной экосистемы лесные сообщества отчетливо дифференцируются по их различной зональной принадлежности, поэтому в функциональных и структурных переходах экосистем локального уровня должны адекватно отразиться фоновые сдвиги зонально-региональной биоклиматической системы.

Для проведения прогнозного анализа использованы материалы крупномасштабных ландшафтно-экологических съемок, проведенных автором с сотрудниками на шести экспериментальных полигонах Среднего Поволжья. Полигоны охва-

тывают широкий спектр зональных переходов от смешанных лесов к северной степи на Русской равнине (этот ландшафтно-зональный спектр автор называет бореальным экотонем), и каждый из них характеризует определенную региональную экосистему. Гидротермические тренды на период до 2100 г. взяты из двух прогнозно-климатических моделей: GISS (более умеренной) и HadCM3, версия A (более экстремальной). Дополнительными расчетами автора установлено, что по обеим моделям следует ожидать однозначного развития в регионе термораридного биоклиматического тренда на протяжении всего XXI столетия.

В монографии подробно изложены разработанные Э.Г. Коломьцем методы локального ландшафтно-экологического прогнозирования, основанные на дискретном эмпирико-статистическом моделировании экосистем. С помощью компьютерных алгоритмов построены матрицы и орграфы вероятностей фациальных переходов в каждой региональной экосистеме, описывающие общую картину многозначной реакции топозкосистем на изменения климата.

В результате анализа графо-аналитических моделей климатогенных сукцессий биогеоценозов по всему зональному спектру бореального экотона автор приходит к следующему общему нетривиальному выводу. В течение ближайших ста лет на месте широколиственных и смешанных лесов Русской равнины будет развиваться светлохвойная лесостепь как новый зональный экотон прямого контакта бореальных и степных растительных формаций. В соответствии с этим даются локальные прогнозы продуктивности лесов, их устойчивости, а также их различного вклада в местные углеродные циклы на основе предстоящих изменений параметров биологического круговорота.

Полученные прогнозные сценарии показали, что процесс остепнения подзоны широколиственных лесов на Русской равнине должен пойти главным образом по низменным аллювиально-зандровым низменностям, охватывая в первую очередь верхние звенья локальных ландшафтных сопряжений (катен) – смешанные и хвойные леса местных песчаных водоразделов с полого-волнистым рельефом. На возвышенных эрозионно-суглинистых равнинах остепнение неморальных лесов начнется с существенным запаздыванием и будет многоступенчатым, а потому более медленным, поскольку оно пройдет через бореально-боровую сукцессионную стадию. Еще более устойчивыми окажутся смешаннолесные и южнотаежные формации Низменного Поволжья. В зандровых полесьях подтаежной зоны следует ожидать более длительного сохранения лесных сообществ в исходном состоянии по сравнению с аналогичными экосистемами зоны лесостепи.

С помощью функционального градиентного (ординационного) анализа автором установлены наиболее важные параметрические и пространственные соотношения прогнозируемых изменений двух ветвей малого биологического круговорота – продукционной и детритной – в широколиственных, смешанных и светлохвойных лесах Среднего Поволжья. В результате выявлены движущие силы климатогенных сукцессий природных экосистем и сформулирована общая схема-модель перехода леса в степь, описывающая принципиальный механизм воздействия функциональных изменений экосистем на их структурные преобразования под воздействием глобального потепления.

Важно подчеркнуть, что функциональный прогнозный анализ проведен автором с позиций локальных и региональных оценок биотической регуляции углеродного цикла в системе почва – лес – атмосфера при заданных сценариях климатических изменений. В частности, установлено, что при глобальном потеплении в южных маргинальных лесных сообществах лесостепной зоны должно произойти резкое падение продуктивности и снижение пропускной способности детритной ветви метаболизма (за счет ослабления темпов разложения и минерализации мертвой надземной органики и гумуса), что будет означать общее замедление всего биологического круговорота. В углеродном балансе первый фактор будет явно преобладать, т.е. эмиссия  $\text{CO}_2$  существенно превысит его депонирование, поэтому здесь ожидается дополнительное повышение парникового эффекта атмосферы, усиливающее глобальное потепление.

На северной границе зоны лесостепи и в южной полосе подтаежной зоны широколиственно- и смешаннолесные биогеоценозы должны увеличивать (причем весьма существенно) как свою первичную продуктивность, так и запасы живого органического вещества. Соответственно будет возрастать консервация атмосферного углерода в многолетней скелетной фитомассе этих топозкосистем, поэтому повысится значение данного фитоценотического пула как стока углерода. Одновременно усилятся процессы разложения и минерализации мертвого органического вещества с уменьшением всех фракций детрита, однако эти процессы будут иметь второстепенное значение.

В задровых полесьях подтаежной зоны следует ожидать некоторого общего снижения продуктивности лесов. Наиболее же сильные изменения при глобальном потеплении должны произойти в детритной ветви биологического круговорота, особенно в переувлажненных хвойных и мелколиственных лесах нижних звеньев катен. Будет сокращаться общая мертвая фитомасса с соответствующей дополнительной эмиссией  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

Автором предложен интересный метод расчета индекса упругой устойчивости экосистем как некоторой функции двух параметров метаболизма – коэффициента оборота надземной фитомассы и подстилочно-опадного индекса. Расчеты показали, что в процессе глобального потепления устойчивость лесных сообществ Волжского бассейна будет в целом снижаться – главным образом за счет падения КПД продукционного процесса. Максимальную потерю упругой устойчивости следует ожидать в лесных сообществах на зональном экотоне леса и степи, где термоаридный тренд вызовет торможение обеих ветвей биологического круговорота. В направлении от южных форпостов лесного покрова к зоне смешанных лесов темпы снижения устойчивости будут существенно убывать.

Весьма продуктивными представляются подведенный в книге общий итог ожидаемой биотической регуляции углеродного цикла в системе почва – лес – атмосфера. В процессе глобального потепления на Русской равнине будут развиваться два взаимно противоположных феноменальных явления этой регуляции. Крайний юг лесной зоны окажется ареной значительного дополнительного накопления углерода в атмосфере. Соответственно расстроится естественная сбалансированность углеродного цикла как один из ведущих стабилизирующих механиз-

мов континентальной биосферы. Это вызовет местное усиление парникового эффекта и неизбежно ускорит общий процесс деградации и исчезновения маргинальных лесов в южной и типичной лесостепи.

Основную положительную биотическую регуляцию углеродного обмена между наземными экосистемами и атмосферой, направленную на снижение ее парникового эффекта (по принципу Ле Шателье), будут выполнять широколиственно-хвойные леса возвышенных равнин в неморальнолесной подзоне и в южной полосе подтаежной зоны. Второстепенную роль сыграют переувлажненные сосняки подтаежных низменно-зандровых полей. Вероятно, это единственная группа формаций бореальных лесов, которая окажет существенную поддержку устойчивости континентальной биосферы в условиях глобального потепления.

В заключение следует отметить, что изложенные в книге материалы по состоянию лесных и лесостепных экосистем и прогнозным оценкам их грядущих изменений будут иметь не только теоретическое, но и несомненное научно-практическое значение для самой территории Волжского бассейна как демографического и индустриального «ядра» Европейской России. Систематизированный банк данных может быть использован при разработке экологических основ сохранения, воспроизводства и рационального использования лесных ресурсов в регионе, а также формирования сети охраняемых и рекреационных территорий.

Опыт проведенного ландшафтно-экологического анализа и прогноза может послужить идеологической основой и научно-методической частью типовой программы работ национальных природных парков, заповедников и заказников, особенно в период их становления. Это позволит определить стратегию исследовательской и природоохранной деятельности их научных коллективов на обозримую перспективу, а также создать необходимую методическую и информационную базу для последующего осуществления мониторинга по отечественным и международным программам. Наконец, полученные результаты могут войти в научно-методический арсенал региональных геоинформационных систем как инструмент диагноза и прогноза проблемных экологических ситуаций на особо охраняемых природных территориях, а также в рекреационных зонах промышленных узлов.

*А.Н. Чумаченко*  
Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского  
410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: geomorph@sgu.ru