

УДК 504

*С. И. Зотов, Р. С. Воропаев*

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА ЛЕСА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Оценено воздействие изменений метеорологических факторов на показатели динамики лесной фитомассы и выделения кислорода лесами Калининградской области для ретроспективного периода 1960–2010 гг. На основании расчетных данных сделаны выводы о средоформирующей значимости лесов.*

*This articles estimates the impact of changes in meteorological factors changes on the in dynamics of forest phytomass and oxygen evolution in the forests of the Kaliningrad region in 1960–2010. The authors make conclusions regarding the environment shaping significance of forests based on calculation data.*

**Ключевые слова:** метеорологические факторы, лесная фитомасса, кислород.

**Key words:** meteorological factors, forest phytomass, oxygen.



## Введение

В последние десятилетия стремительно изменяются глобальные и региональные климатические условия. Сохранение данной тенденции может привести к значительному изменению метеорологического режима в Юго-Восточной Балтике, которое, в свою очередь, повлечет изменения природных комплексов, биоразнообразия, сельскохозяйственного и других видов природопользования.

Очевидна необходимость геоэкологического анализа метеорологического режима Калининградской области.

В качестве одного из показателей, динамично отражающих изменения региональных климатических условий, рассмотрим состояние лесных природных комплексов Калининградской области, которые выполняют большую средоформирующую, ресурсоформирующую и природоохранную функции. Интегральный индикатор состояния лесных природных комплексов – величина фитомассы и ее прирост, определяющие количественные значения выделяемого кислорода и поглощаемого углекислого газа.

## Расчетные зависимости

Для описания лесного растительного покрова в Калининградской области используется уравнение баланса фитомассы лесной древесной растительности из модели геосистемы бассейна р. Преголи:

$$M_{\text{Фил } t+1} = M_{\text{Фил } t} + P_{\text{Ф}} \cdot \Delta t - V_{\text{Л}} \cdot \Delta t - V_{\text{Х}} \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где  $M_{\text{Фил } t}$  и  $M_{\text{Фил } t+1}$  – фитомасса в момент времени  $t$  и  $t + 1$  (т/га);  $P_{\text{Ф}}$  – прирост фитомассы;  $V_{\text{Л}}$  – потеря фитомассы в связи с листовым опадом и древесным отпадом;  $V_{\text{Х}}$  – потеря фитомассы в связи с хозяйственным использованием древесины;  $\Delta t$  – приращение времени (во всех балансовых уравнениях  $\Delta t$  равно году). Единицей измерения составляющих прихода и расхода является т/(га · год).

Для численного решения дифференциального уравнения, описывающего баланс лесной древесной растительности, использован модифицированный метод Эйлера.

Величина  $M_{\text{Фил}}$  – начальное условие расчета и задается на основе данных по таксации лесных массивов. Ее численное значение для лесов Калининградской области составляет 300 т/га (данные по таксации лесных массивов Калининградской области см. в [6]).

Величина  $P_{\text{Ф}}$  вычисляется в зависимости от суммарного испарения, или эвапотранспирации ( $E$ ). График зависимости этих параметров приводится в работе Р. Уиттликера [5] и аппроксимирован нами следующей формулой:

$$P_{\text{Ф}} = 0,0002 \cdot E^{1,68}. \quad (2)$$



Учитывая, что масса корней древесной растительности составляет приблизительно 25% от общей фитомассы, формула (2) принимает следующий вид:

$$P_{\phi} = 0,00025 \cdot E^{1,68}. \quad (3)$$

Величина  $V_{л}$  вычисляется в зависимости от фитомассы:

$$V_{л} = K_1 \cdot M_{\text{Фил}}, \quad (4)$$

где  $K_1$  — коэффициент опада листьев и опада древесины (1/год). Численное значение коэффициента равно 0,02 [4].

Величина  $V_x$  определяется в соответствии с лесохозяйственной деятельностью.

Схема и значения составляющих баланса фитомассы лесной древесной растительности показаны на рисунке 1.

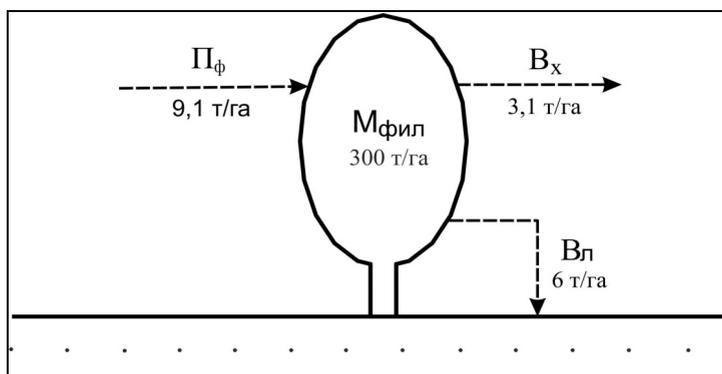


Рис. 1. Годовой баланс фитомассы лесного растительного покрова

Величина суммарного испарения, или эвапотранспирации ( $E$ ), находится в зависимости от показателей среднегодовой температуры воздуха ( $T$ ) и годового количества атмосферных осадков ( $P$ ). Для ее вычисления используется формула Вундта, показавшая хорошие результаты для условий морского климата [3].

$$E = \frac{P}{\left(0,940165 + \frac{P}{210 \cdot T + 2700}\right)^3}. \quad (5)$$

Динамику фитомассы лесной древесной растительности в зависимости от изменения метеорологических факторов целесообразно оценивать за 1960—2010 гг., так как для этого периода имеется репрезентативная метеорологическая информация (среднегодовая температура воздуха и годовое количество атмосферных осадков).

В формуле (5) используются среднегодовые значения температуры и годового количества атмосферных осадков метеорологической станции Калининград (индекс ВМО 26702; координаты 54° 42'N 20° 37'E); выбор данной станции обусловлен тем, что она входит в «Список станций Росгидромета, включенных в Глобальную сеть наблюдений за климатом», утвержденный Росгидрометом 25 марта 2004 г., и в «Список реперных метеорологических станций Росгидромета», составленный в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова [7].

Массив данных метеорологической станции Калининград опубликован на интернет-ресурсе Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных» (ФГБУ ВНИИГМИ–МЦД) *meteo.ru*. Учредитель этой организации – Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Период наблюдений станции Калининград: температура воздуха – за 1848–2010 гг. (пропуск данных за 1945 и 1946 гг.); количество атмосферных осадков – за 1966–2010 гг. (пропуск данных за февраль и март 1990 г.). Ряд атмосферных осадков за 1960–1965 гг. был дополнен данными гидрометеорологических бюллетеней.

По сравнению с другими метеостанциями Калининградской области, представленными на интернет-ресурсе ФГБУ ВНИИГМИ–МЦД *meteo.ru* (входящими в глобальную сеть наблюдений за климатом и список реперных станций), массив информации (данных) станции Калининград более репрезентативен в силу своей однородности, эквидистантности (имеет меньше пропусков данных) и географического положения метеостанции.

Масса кислорода, выработанная растительностью смешанного леса за год, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{O_2} = K_n \cdot M_{\text{Фил}}, \quad (6)$$

где  $M_{O_2}$  – масса кислорода, выработанная растительностью смешанного леса за год т/(га-год);  $K_n$  – коэффициент выработки кислорода. Численное значение коэффициента равно 0,0417 [1; 2; 4].

### Результаты расчетов

Межгодовой ход эвапотранспирации хорошо коррелируется с межгодовым ходом температуры воздуха и атмосферных осадков (рис. 2). В пользу достоверности проведенных расчетов говорит то, что среднее значение эвапотранспирации за 1960–2010 гг. составило 537 мм, что полностью согласуется с картой «Годовые величины потенциального испарения в Европе» [3].

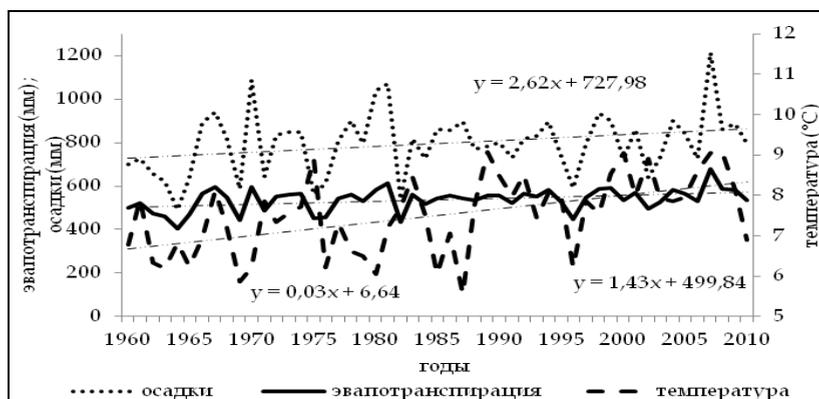


Рис. 2. Межгодовой ход и линейные тренды температуры воздуха, количества атмосферных осадков и эвапотранспирации



Линейный тренд межгодового хода температуры воздуха, количества атмосферных осадков и эвапотранспирации — положительный. Коэффициент уравнения линейной регрессии для межгодового хода осадков за период 1960–2010 гг. составил 2,62; температуры воздуха 0,03; эвапотранспирации 1,43.

Коэффициент уравнения линейной регрессии для межгодового хода прироста и потери фитомассы в связи с листовым опадом и древесным опадом за 1960–2010 гг. составил 0,04 и 0,02 соответственно (рис. 3). Тенденция увеличения естественной потери фитомассы (за счет листовенного опада и древесного опада) объясняется увеличением фитомассы древесной растительности смешанного леса.

47

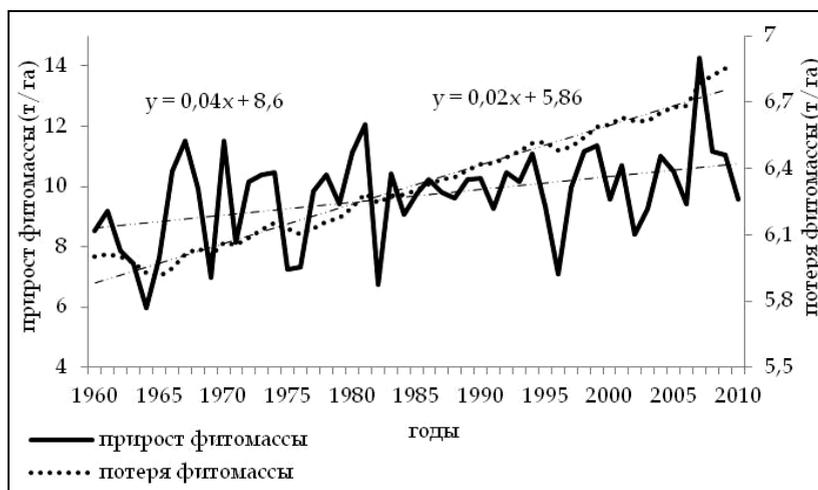


Рис. 3. Межгодовой ход и линейные тренды прироста и потери фитомассы в связи с листовым опадом и древесным опадом

Средние значения прироста и потери фитомассы в связи с листовым опадом и древесным опадом за 1960–2010 гг. составляют 10 т/га и 6 т/га соответственно. Данные значения попадают в интервал величин прироста и опада для смешанного леса, определенный Л. Е. Родиным и Н. И. Базилевич [4] как 7–20 т/га и 2–7 т/га соответственно.

Линейный тренд фитомассы растительности смешанного леса — положительный, коэффициент уравнения линейной регрессии составляет 0,9 (рис. 4).

Тенденция увеличения фитомассы растительности смешанных лесов объясняется увеличением эвапотранспирации и, как следствие, увеличением прироста фитомассы. Среднее значение фитомассы смешанного леса за период исследования составило 315,9 т/га. Это значение попадает в интервал величин фитомассы смешанного леса, определенный Л. Е. Родиным и Н. И. Базилевич [4] в 50–350 т/га.

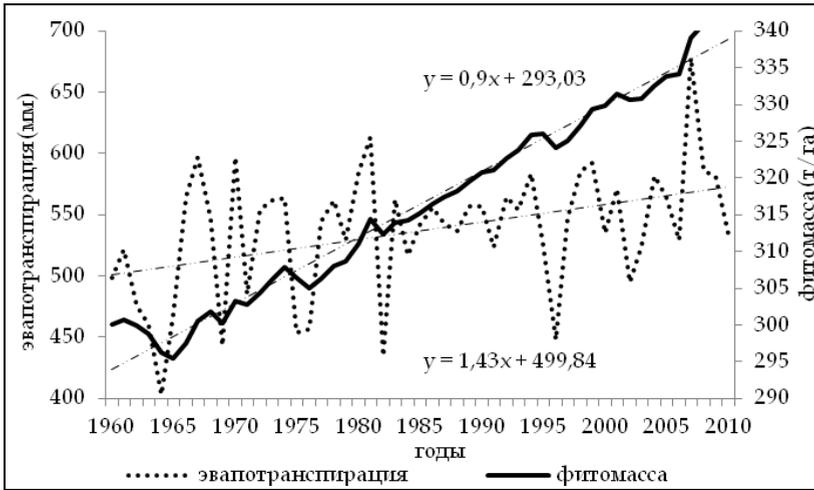


Рис. 4. Межгодовой ход и линейные тренды эвапотранспирации и фитомассы смешанного леса

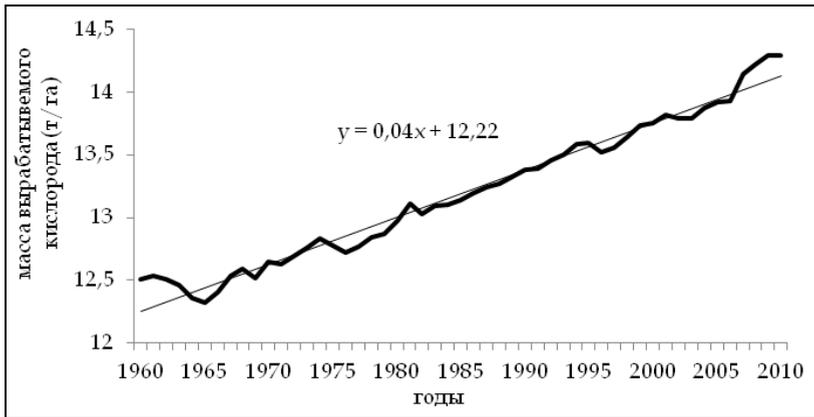


Рис. 5. Межгодовой ход количества кислорода, выработанного смешанным лесом

Тенденция увеличения массы кислорода, выработанного растительностью смешанного леса (коэффициент уравнения линейной регрессии равен 0,4) объясняется увеличением фитомассы смешанных лесов (рис. 5). Среднее значение массы кислорода, выработанного растительностью смешанного леса за год, составило 13 т/га.

### Выводы

Анализ динамики метеорологических данных по Калининградской области для расчетного периода показал значительное увеличение среднегодовой температуры воздуха (на 1,7 °C к 2010 г. по сравнению с 1960-м), что свидетельствует о региональном потеплении климата. Отмечена тенденция увлажнения климатических условий (на 130 мм к



2010 г. по сравнению с 1960-м). Эти факторы обусловили увеличение эвапотранспирации и благоприятные условия для прироста фитомассы лесов.

Площадь лесов Калининградской области на протяжении исследуемого периода составила в среднем 273 тыс. га, что соответствует лесистости 18 %.

Согласно полученным данным:

1) фитомасса лесов в Калининградской области к 2010 г. составила 342,8 т/га, увеличившись на 42,8 т/га по сравнению с 1960 г.;

2) увеличение фитомассы лесов привело к возрастанию выделения кислорода до 14,9 т/га год к 2010 г., увеличившись на 2,78 т/га по сравнению с 1960-м;

3) масса выделенного лесами кислорода за период 1960–2010 гг. составила 177450 тыс. тонн.

В целом изменение климатических условий за исследуемый период благоприятно сказалось на состоянии лесов и увеличило их средоформирующие и ресурсоформирующие функции. Масса выделяемого кислорода и ее увеличение на протяжении исследуемого периода внесли большой вклад в стабилизацию экологической ситуации в регионе.

#### Список литературы

1. Григорьев В.А., Огородников И.А. Экологизация городов в мире, России, Сибири : аналитический обзор / ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 2001.
2. Зотов С.И. Моделирование состояния геосистем. Калининград, 1991.
3. Келлер Р. Воды и водный баланс суши. Введение в гидрогеографию. М., 1965.
4. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. М.; Л., 1965.
5. Уиттикер Р. Сообщество и экосистемы. М., 1980.
6. Федоров Е.А. Леса Янтарного края. Калининград, 1990.
7. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации // Мировой центр данных. URL: <http://www.meteo.ru/> (дата обращения: 07.10.2014).

#### Об авторах

Сергей Игоревич Зотов — д-р геогр. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: zotov.prof@gmail.com

Роман Сергеевич Воропаев — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: romeaspirant@mail.ru

#### About the authors

Prof. Sergey Zotov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: zotov.prof@gmail.com

Roman Voropaev, PhD student, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: romeaspirant@mail.ru