

Р. С. Воропаев

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ
СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ
СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ПРЕГОЛИ**

Смоделированы количественные значения и выполнен анализ динамики содержания гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи за 1960–2015 гг. Рассчитаны значения эвапотранспирации и проанализирована динамика данного параметра за указанный период. Проведены расчеты по оценке воздействия изменений метеорологических факторов на показатели динамики лесной фитомассы.

The long-term dynamics of humus in the mixed forests soils of in the Pregolya River Basin was modeled and analyzed for 1960–2015. Evapotranspiration values were calculated and a dynamics analysis of this parameter for period 1960–2015 was carried out. The impact of changes in meteorological factors on dynamics of forest phytomass has been defined.

Ключевые слова: изменение климата, гумус, смешанный лес, моделирование, река Преголя, Балтийское море.

Key words: climate change, humus, mixed forest, modeling, Pregolya River, Baltic Sea.



Введение

В конце XX и начале XXI в. наблюдается стремительное изменение глобальных и региональных климатических условий. Сохранение данной тенденции может привести к значительному изменению климата во всем регионе Балтийского моря. Это обстоятельство способно повлечь, в свою очередь, значительные изменения природных комплексов, биологического разнообразия, сельскохозяйственного и других видов природопользования.

В связи с тенденцией изменения климатических условий существует необходимость анализа влияния этих изменений на природные комплексы Калининградской области, в том числе на геосистему бассейна реки Преголи. Период исследования должен быть представлен в десятилетней ретроспективе. Такой анализ позволит количественно охарактеризовать геоэкологические последствия климатических изменений и обеспечить рациональное долгосрочное планирование зависящих от климата видов хозяйственной деятельности в регионе.

В качестве одного из показателей, отражающих изменение регионального климата, целесообразно рассматривать состояние лесных природных комплексов. Они выполняют значительную средоформирующую, ресурсоформирующую и природоохранную функции. Одним из индикаторов состояния лесных природных комплексов, наряду с величиной фитомассы лесной растительности [1; 3], является содержание гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи.

Модель бассейново-ландшафтной системы реки Преголи

Моделирование содержания гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи произведено на основе модели ее бассейново-ландшафтной системы, разработанной С.И. Зотовым (2001). Модель создана на основе бассейнового принципа. Она охватывает большое разнообразие геоэкологических показателей, в том числе содержание гумуса в почвенном покрове смешанных лесов. Автором данной статьи выполнено преобразование уравнений и адаптация их для использования в Microsoft Excel.

В настоящее время опубликованы результаты моделирования содержания гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи за 1960–1991 гг. [2]. Поэтому цель данной работы – смоделировать период 1991–2015 гг. и выполнить анализ динамики содержания гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи за 1960–2015 гг. На входы в модель задаются годовые значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков. В процессе моделирования использовались метеоданные со станций (в скобках указан индекс ВМО): Калининград (26702), Железнодорожный (26706) [7; 10], Кентшин (12185), Ольштын (12272) [8; 9].



Расчетные зависимости

Уравнение содержания гумуса в почвенном покрове смешанного леса имеет следующий вид:

$$M_{гг,t+1} = M_{гг,t} + П_{лдгг,t+1} \cdot \Delta t - V_{Mгг,t+1} \cdot \Delta t - V_{смгг,t+1} \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где $M_{гг,t}$ и $M_{гг,t+1}$ — содержание гумуса в почвенном покрове смешанного леса в момент времени t и $t + 1$, т/га;

$П_{лдгг}$ — образование гумуса за счет листовенного и древесного опада, т/га;

$V_{Mгг}$ — потеря гумуса в связи с минерализацией, т/га;

$V_{смгг}$ — потеря гумуса в связи с поверхностным смывом, т/га;

$t + 1$ — год, для которого рассчитывается $M_{гг,t+1}$, то есть этот год;

t — год, для которого $M_{гг,t}$ уже рассчитано, то есть предыдущий год.

Масса гумуса, образовавшегося в течение года за счет листовенного и древесного опада, вычисляется по формуле:

$$П_{лдгг,t+1} = K_{ог} \cdot M_{фил,t}, \quad (2)$$

где $П_{лдгг}$ — образование гумуса за счет листовенного и древесного опада, т/га;

$M_{фил,t}$ — фитомасса древесной растительности смешанного леса в момент времени t , т/га;

$K_{ог}$ — коэффициент образования гумуса, равный 0,003 (получен расчетным методом в ходе упрощения уравнений). Данный коэффициент учитывает гумификацию лесных растительных остатков и коэффициент опадов листы и древесины.

Масса гумуса, потерянная в течение года за счет минерализации, описана зависимостью:

$$V_{Mгг,t+1} = 2,48 \cdot 10^{-7} E_{t+1}^{1,68} \cdot M_{гг,t}, \quad (3)$$

где $V_{Mгг}$ — потеря гумуса в связи с минерализацией, т/га;

E — эвапотранспирация, мм;

$M_{гг,t}$ — содержание гумуса в почвенном покрове смешанного леса в момент времени t , т/га;

Коэффициент $2,48 \cdot 10^{-7}$ получен расчетным методом в ходе упрощения уравнений прироста фитомассы и доли минерализации гумуса.

Масса потери гумуса в связи с поверхностным смывом в смешанных лесах очень мала, поэтому при расчетах ей можно пренебречь:

$$V_{смгг} = 0, \quad (4)$$

где $V_{смгг}$ — потеря гумуса в связи с поверхностным смывом, т/га.

В итоге, подставив в уравнение 1 формулы 2, 3 и 4, получаем преобразованное уравнение содержания гумуса в почвенном покрове смешанного леса (формула 5):



$$M_{ГЛ_{t+1}} = M_{ГЛ_t} + 0,003 \cdot M_{Фил_t} - 2,48 \cdot 10^{-7} E_{t+1}^{1,68} \cdot M_{ГЛ_t}, \quad (5)$$

где $M_{Фил_t}$ – фитомасса смешанного леса.

Модель фитомассы смешанного леса ($M_{Фил}$) и эвапотранспирации (Е) подробно представлена в работах автора данной статьи [1; 3]. Для их расчета использовалась вышеуказанная модель бассейново-ландшафтной системы реки Преголи. На входы в модель вводились годовые значения температуры воздуха и количества атмосферных осадков на территории бассейна реки. Расчеты фитомассы смешанного леса [5] и эвапотранспирации [4; 6] производились по формулам 6–10:

$$M_{Фил_{t+1}} = M_{Фил_t} + \Pi_{Ф_{t+1}} \cdot \Delta t - B_{Л_{t+1}} \cdot \Delta t - B_{Х_{t+1}} \cdot \Delta t, \quad (6)$$

где $M_{Фил_t}$ и $M_{Фил_{t+1}}$ – фитомасса древесной растительности смешанного леса в момент времени t и $t + 1$, т/га;

$\Pi_{Ф}$ – прирост фитомассы смешанного леса, т/га;

$B_{Л}$ – потеря фитомассы в связи с листовым опадом и древесным отпадом, т/га;

$B_{Х}$ – потеря фитомассы в связи с хозяйственным использованием древесины, т/га;

$$\Pi_{Ф_{t+1}} = 0,00025 \cdot E_{t+1}^{1,68}, \quad (7)$$

где E – эвапотранспирация, мм;

$$E = \frac{P}{\left(0,95 + \frac{P}{210 \cdot T + 2700}\right)^3}, \quad (8)$$

где P – годовая сумма атмосферных осадков, мм;

T – годовая температуры воздуха, °С;

$$B_{Л_{t+1}} = K_1 \cdot M_{Фил_t}, \quad (9)$$

$$K_1 = 0,02. \quad (10)$$

Величина потери фитомассы в связи с хозяйственным использованием древесины определяется в соответствии с лесохозяйственной деятельностью.

Результат моделирования

Результатом моделирования являются ретроспективные показатели годовых значений массы гумуса в почвенном покрове смешанных лесов (т/га) на территории бассейна реки Преголи за период 1960–2015 гг.

На рисунке представлен график межгодового хода массы гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи, массы образования гумуса за счет опада и массы потери гумуса в связи с минерализацией. Из данного графика видно, что межгодовые колебания массы гумуса в почве смешанных лесов в значительной степени определяются межгодовой динамикой потери гумуса в связи с минерализацией.

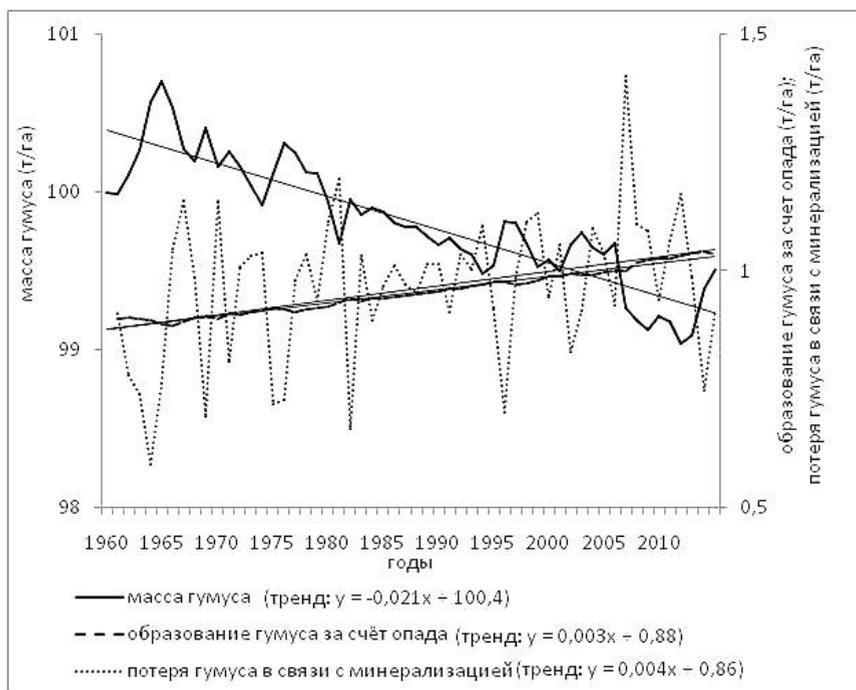


Рис. Межгодовой ход и линейные тренды массы гумуса, массы образования гумуса за счёт опада, массы потери гумуса в связи с минерализацией в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи за 1960–2015 гг.

Линейные тренды межгодового хода массы гумуса в почвенном покрове смешанного леса, массы образования гумуса за счёт опада, массы потери гумуса в связи с минерализацией за период 1960–2015 гг. (рис.) имеют очень малые коэффициенты. Для межгодового хода массы гумуса в почвенном покрове смешанного леса коэффициент линейной регрессии составил $-0,022$; для массы образования гумуса за счёт опада — $+0,003$; для массы потери гумуса в связи с минерализацией — $+0,004$.

Амплитуды межгодовой динамики массы гумуса в почвенном покрове смешанного леса, массы образования гумуса за счёт опада, массы потери гумуса в связи с минерализацией за период 1960–2015 гг. составляют $1,65$ т/га; $0,82$ т/га и $0,15$ т/га соответственно. А их среднеквадратические отклонения равны $0,39$ (для массы гумуса); $0,04$ (для образования гумуса); $0,15$ (для массы потери гумуса). Итак, колебания массы образования гумуса за счёт опада и массы гумуса в почвенном покрове смешанного леса очень низкие, тогда как значения потери гумуса в связи с минерализацией в межгодовой динамике испытывают сильные колебания. Данное обстоятельство объясняется тем, что величина образования гумуса за счёт опада в смешанном лесу в первую очередь зависит от фитомассы, которая не подвержена резким колебаниям. Значение потери гумуса в связи с минерализацией определяется прежде всего значением эвапотранспирации. Оно, в свою очередь, определяется температурой воздуха и количеством атмосферных осад-



ков, испытывающих значительные колебания. Таким образом, изменение климатических условий напрямую влияет на содержание гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи.

Выводы

Масса гумуса в почвенном покрове смешанных лесов бассейна реки Преголи за период 1960—2015 гг. испытывала межгодовые колебания от 99,83 т/га до 100,7 т/га. Динамика имела нисходящую тенденцию.

Масса образования гумуса за счет опада изменялась от 0,89 т/га до 1,04 т/га, линейный тренд положительный.

Масса потери гумуса в связи с минерализацией подвергалась сильным межгодовым колебаниям от 0,59 т/га до 1,41 т/га. За исследуемый период наблюдался положительный линейный тренд.

Благодарности. Автор искренне благодарен доктору географических наук, профессору С.И. Зотову за неоценимую помощь в ходе выполнения работы.

Подготовка данной статьи была поддержана грантом РФФИ Бонус №14-05-91730.

99

Список литературы

1. Воробаев Р. С. Влияние изменения климата на фитомассу лесов Калининградской области : матер. 17-й ежегодной межвуз. науч.-практ. конф. «Пути повышения уровня подготовки специалистов в высших учебных заведениях». Калининград, 2014. Ч. 1. С. 275—278.
2. Зотов С.И. Моделирование состояния геосистем : учеб. пособие. Калининград, 2001.
3. Зотов С.И., Воробаев Р.С. Геоэкологический анализ воздействия метеорологических факторов на леса Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2015. Вып. 1. С. 43—49.
4. Келлер Р. Воды и водный баланс суши. Введение в гидрогеографию. М., 1965.
5. 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.
6. Уиттикер Р. Сообщество и экосистемы. М., 1980.
7. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных. URL: meteo.ru (дата обращения: 03.12.2015).
8. National Climatic Data Center. URL: ncdc.noaa.gov (дата обращения: 03.12.2015).
9. Информационный ресурс о метеорологических условиях в мире. URL: www.ogimet.com (дата обращения: 03.12.2015).
10. Официальный сайт ООО «Расписание Погоды». URL: www.pr5.ru (дата обращения: 03.12.2015).

Об авторе

Роман Сергеевич Воробаев — мл. науч. сотр., Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Калининград.
E-mail: romeaspirant@gmail.com

About the author

Roman Voropaev, Junior Researcher, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of Russian Academy of Sciences, Kaliningrad.
E-mail: romeaspirant@gmail.com