

УДК 631.4:550.4:581.5

## ТРОФОСИСТЕМА ПОЧВА – РАСТЕНИЕ – ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ

*Попов А. И.*

*Санкт-Петербургский государственный университет, [raihumic@gmail.com](mailto:raihumic@gmail.com)*

Изложена концептуальная модель функционирования экосистем, основой которой является трофическая система почва–растение. В результате анализа научной литературы показано, что растения вместе с почвой образуют единую пищевую систему, основой функционирования системы почва–растение является двойная трофическая связь между почвой и растениями, а одним из главных функциональных звеньев системы почва–растение является почвенное органическое вещество. Моделирование подтвердило, что трофическая система почва–растение является основой функционирования экосистем.

*Ключевые слова:* функционирование экосистем, система почва–растение, почвенное органическое вещество, моделирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Как следует из современной научной литературы [17, 24, 26], экосистема – основная функциональная единица биосферы, представляющая собой эволюционно сложившуюся, саморазвивающуюся и саморегулируемую термодинамически открытую целостную систему, в которой все ее составляющие (как совокупность живых организмов, так и абиотические источники вещества и энергии) находятся между собой в причинно-следственных отношениях. По мнению Ю. Одума [17], структурно-функциональная организация экологических систем обусловлена постоянными взаимосвязью и взаимодействием ее компонентов: живых организмов, потока энергии, круговорота вещества. При этом биофильные элементы, входящие в состав нутриентов, в зависимости от типа экосистем, могут использоваться многократно. Совокупность трофических отношений между живыми организмами в экосистемах создают и саму почву, и обуславливают такое ее специфическое свойство, как плодородие [9]. В связи с этим, вопросы, связанные с функционированием экосистем, не потеряли своей актуальности.

Цель настоящей публикации – изложение концептуальной модели функционирования экосистем, основой которой является трофическая система почва–растение. Предлагаемая модель – результат идейного единства таких пограничных наук как почвоведение, геоботаника и физиология растений.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал для создания концептуальной модели функционирования экосистем был получен на основе анализа научной литературы и собственных экспериментальных данных [18, 19, 21, 22].

В качестве метода исследования было выбрано моделирование. Так, для описания подтверждения важности участия почвенного органического вещества (ПОВ) в трофической системе экосистемы, в частности изменения параметров системы в случае потребления растениями органических соединений, была построена модель:

$$\begin{cases} \dot{K} = -\alpha_1 K + \alpha_2 F + \alpha_3 D \\ \dot{F} = -\alpha_2 K - \alpha_4 F + \alpha_5 P \\ \dot{D} = -\alpha_3 K - \alpha_6 D + \alpha_7 E + \alpha_8 L \\ \dot{R} = -\alpha_9 R + \alpha_{10} E + \alpha_{11} L + \alpha_{12} H + \alpha_{13} V + \alpha_{14} S \\ \dot{E} = \alpha_{15} K + \alpha_{16} F - \Delta \alpha_{17} D - \alpha_{18} R - \alpha_{19} H - \alpha_{20} V - \alpha_{21} S - \alpha_{22} O \\ \dot{P} = -\alpha_5 F - \alpha_{23} P + \alpha_{24} H + \alpha_{25} S \\ \dot{L} = -\alpha_8 D - \alpha_{11} R + \alpha_{26} P - \alpha_{27} H - \alpha_{28} V - \alpha_{29} S - \alpha_{30} O \\ \dot{H} = -\alpha_{12} R + \alpha_{19} E - \alpha_{24} P + \alpha_{26} L + \alpha_{31} V - \Delta \alpha_{32} S - \alpha_{33} O \\ \dot{V} = -\alpha_{13} R + \alpha_{20} E + \alpha_{27} L - \alpha_{31} H - \alpha_{34} S - \alpha_{35} O \\ \dot{S} = -\alpha_{14} R + \alpha_{21} E - \alpha_{24} P + \alpha_{28} L + \Delta \alpha_{32} H + \alpha_{34} S - \alpha_{36} O \end{cases}$$

где  $K$  – углерод, входящий в состав хищников,  $F$  – углерод, входящий в состав фитофагов,  $D$  – углерод, входящий в состав детритофагов,  $R$  – углерод, входящий в состав редуцентов,  $E$  – углерод, входящий в состав экскретов и постмортальных остатков биоты,  $P$  – углерод, входящий в состав растений,  $L$  – углерод, входящий в состав постмортальных остатков растений,  $H$  – углерод, входящий в состав гумуса,  $V$  – углерод, входящий в состав детрита,  $S$  – углерод, входящий в состав водорастворимого органического вещества (РОВ),  $O$  – кислород, расходуемый на окисление органических соединений; коэффициенты:  $\alpha_1$  – ограничения роста хищников,  $\alpha_2$  – потребления хищниками фитофагов,  $\alpha_3$  – потребления хищниками детритофагов,  $\alpha_4$  – ограничения роста фитофагов,  $\alpha_5$  – потребления фитофагами растений,  $\alpha_6$  – ограничения роста детритофагов,  $\alpha_7$  – потребления детритофагами экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_8$  – потребления детритофагами постмортальных остатков растений,  $\alpha_9$  – ограничения роста редуцентов,  $\alpha_{10}$  – потребления редуцентами экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_{11}$  – потребления редуцентами постмортальных остатков растений,  $\alpha_{12}$  – потребления редуцентами гумуса,  $\alpha_{13}$  – потребления редуцентами детрита,  $\alpha_{14}$  – потребления редуцентами РОВ,  $\alpha_{15}$  – поступления экскретов и постмортальных остатков хищников,  $\alpha_{16}$  – поступления экскретов и постмортальных остатков фитофагов,  $\alpha_{17}$  – поступления экскретов и постмортальных остатков детритофагов ( $\Delta$  – разница между поступлением и потреблением),  $\alpha_{18}$  – потребления редуцентами экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_{19}$  – гумификации экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_{20}$  – образования детрита из экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_{21}$  – образования РОВ из экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_{22}$  – абиотического окисления экскретов и постмортальных остатков биоты,  $\alpha_{23}$  – ограничения роста растений,  $\alpha_{24}$  – потребления растениями гумуса,  $\alpha_{25}$  – потребления растениями РОВ,  $\alpha_{26}$  – отмирания растений,  $\alpha_{27}$  – гумификации

постмортальных остатков растений,  $\alpha_{28}$  – образования детрита из постмортальных остатков растений,  $\alpha_{29}$  – образования РОВ из постмортальных остатков растений,  $\alpha_{30}$  – абиотического окисления постмортальных остатков растений,  $\alpha_{31}$  – гумификации детрита,  $\alpha_{32}$  – образования РОВ из гумуса ( $\Delta$  – разница между образованием и гумификацией),  $\alpha_{33}$  – абиотического окисления гумуса,  $\alpha_{34}$  – образования РОВ из детрита,  $\alpha_{35}$  – абиотического окисления детрита,  $\alpha_{36}$  – абиотического окисления РОВ.

Для решения приведенной выше системы уравнений было принято, что: система почва–растения находится в климаксном состоянии (т. е. количество поступающего в систему вещества, равно его оттоку); все количество углерода, ассимилированного в процессе фотосинтеза и входящего в состав постмортальных остатков растений, ежегодно полностью поступает в почву (т. е. фитоценоз представлен однолетними растениями); растения полностью обеспечены элементами минерального питания; коэффициенты гумификации органических веществ составляли 0,1 (10 %); коэффициент деструкции отмерших остатков растений и ГВ – 0,1 (10 %); коэффициент абиотического окисления органических веществ – 0,1 (10 %); коэффициент возможного поглощения растениями органических соединений – от 0,01 (1 %) до 0,1 (10 %); коэффициент образования экскретов – 0,01 (1 %); коэффициент потребления редуцентами детрита – 0,6; коэффициент потребления редуцентами постмортальных остатков растений – 0,65; коэффициент потребления редуцентами экскретов и постмортальных остатков биоты – 0,65; коэффициент потребления редуцентами гумуса – 0,55; коэффициент потребления редуцентами РОВ – 0,55; коэффициент потребления детритофагами постмортальных остатков растений – 0,05; коэффициент потребления детритофагами экскретов и постмортальных остатков биоты – 0,05; коэффициент потребления растений фитофагами – 0,05; коэффициент потребления хищниками фитофагов – 0,2; коэффициент потребления хищниками детритофагов – 0,15; коэффициенты смертности/рождаемости фитофагов и детритофагов – 0,05; коэффициенты смертности/рождаемости хищников – 0,01; исходное содержание углерода в фитомассе условно равнялось 1 ( $\max = 2$ ); содержание углерода в биомассе хищников – 0,00111 ( $\max = 0,0111$ ); содержание углерода в биомассе фитофагов – 0,01 ( $\max = 0,1$ ), содержание углерода в биомассе детритофагов – 0,005 ( $\max = 0,05$ ), содержание углерода в биомассе редуцентов – 0,08 ( $\max = 0,80$ ), содержание углерода в экскретах и постмортальных остатках биоты – 0,0016, содержание углерода в постмортальных остатках растений – 1, содержание углерода в гумусе – 0,1, содержание углерода в детрите – 0,1, содержание углерода в РОВ – 0,12. Кроме того, были использованы модели Лотки–Вольтерра и Ферхюльста–Пирла [1, 5, 25].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Трофическая система почва–растение (анализ проблемы).** С позиций трофологии [28], взаимоотношение растений и почвы необходимо рассматривать как своеобразную двойную трофическую цепь, в которой почва и растения попеременно выступают то в роли «потребителя», то в роли «поставщика». Причем,

утилизация почвенной биотой отмерших остатков растений сопровождается созданием (посредством той же биоты) источника питания растений [18]. Функционирование трофосистемы почва-растение основано на [3]: 1) общих закономерностях передвижения нутриентов в пределах этой системы под действием осмолярного градиента и 2) динамическом равновесии биологического круговорота органических соединений.

Почва, как самостоятельное естественно-историческое органо-минеральное континуально-дискретное природное и естественно-антропогенное биокосное тело, является продуктом и компонентом биогеоценозов. Она образует с растениями единую трофическую систему, в которой выполняет трансформационно-трофическую функцию.

С. П. Кравков [11] считал, что основной вопрос физиологии растений и граничащих с нею прикладных наук связан с питанием растений и функциональной зависимостью его от условий окружающей среды. В природных условиях растения обеспечиваются пищевыми веществами, литогенно обусловленными и биогенно накопленными в почве. При этом уровень биологического накопления в почве фитонутриентов определяется интенсивностью протекания биологического круговорота биофильных элементов в системе почва-растение [22].

В процессе обеспечения растений пищевыми веществами (нутриентами) принимают участие все четыре фазы почвы. Так, из газообразной фазы почвы в надпочвенный слой воздуха в большей мере диффундирует углекислый газ, который в последствии фотосинтетически ассимилируется растениями. Из жидкой фазы почвы растения получают необходимые для них нутриенты. Органическая, органо-минеральная и минеральная составляющие, входящие в твердую фазу почвы, являются резервуаром питательных веществ, которые высвобождаются при деструкционном воздействии на них продуктов метаболизма педобиоты, ризоэкссудатов и почвенного раствора. «Живая» фаза почвы (педобиота) осуществляет биологические круговороты углерода, азота, калия, фосфора и других биофильных элементов [20].

Современное понимание питания растений связано с обеспечением ряда условий роста растений и с доступностью им элементов минерального питания. В то же время в научной литературе, начиная с конца 19-го столетия и по настоящее время, имеется огромное число фактов, подтверждающих поглощение высшими зелеными растениями органических веществ естественного, искусственного и даже синтетического происхождения. Еще в первой половине 20-го века была продемонстрирована возможность поступления сложных органических молекул (гетероолиго(поли)меров) в растения непосредственно через корневую систему или посредством микоризы, а также их дальнейшее участие в метаболических процессах [22]. Н. А. Красильников [12] считал доказанным, что ризосферные микроорганизмы потребляют корневые выделения растений, а взамен растения получают от них витамины и другие активные вещества.

Исходя из анализа научной литературы и собственных экспериментальных данных [18, 19, 21, 22], было установлено, что высшие зеленые растения можно рассматривать как факультативные гетеротрофные организмы. Растения способны

получать структурные фрагменты макромолекул (например, лигнина, белков и других органических соединений) непосредственно из почвенного органического вещества. Кроме того, гуминовые вещества (ГВ) способствуют появлению морфофизиологических различий, связанных с переходом растений на гетеротрофное питание – увеличению массы гетеротрофных (корней) и уменьшению массы фотоассимиляционных (листьев) органов растений, и оказывают действие на изменение биохимического состава и величины теплоты сгорания органического вещества растений.

Ассимиляция зелеными сосудистыми растениями структурных и функциональных блоков биологических макромолекул является распространенным дополнительным типом питания в природных условиях, который обеспечивает существенный энергетический и структурный выигрыш на уровне экосистем. Этот механизм питания, по-видимому, сохранился с ранних этапов эволюции биосферы [18, 19].

Потребление растениями органических соединений значительно расширяет представления о питании растений и о функционировании системы почва-растение. Так, помимо основного известного цикла углерода (рис. 1):  $\text{CO}_2 \rightarrow \text{растения} \rightarrow \text{опад и отпад (почва)} \rightarrow \text{ГВ} \rightarrow \text{CO}_2$ , существует второй цикл углерода – круговорот органических соединений, являющихся структурными фрагментами макромолекул (например, фенилпропановыми фрагментами лигнина): растения  $\rightarrow$  опад и отпад (почва)  $\rightarrow$  ГВ  $\rightarrow$  органические нутриенты  $\rightarrow$  растения, который является также дополнительным циклом и азота. При включении в этот цикл фитофагов, хищников и сапротрофов трофическая цепь удлиняется, но суть ее не меняется, – изменяется лишь состав и количество поступающего в почву органического материала [22]. Еще одним экологическим следствием гетеротрофного питания растений является обогащение атмосферы кислородом. Поскольку в дополнительном цикле углерода органические молекулы, являющиеся структурными и функциональными блоками биологических макромолекул, встраиваются в тела фотосинтезирующих организмов без значительного химического изменения, при этом атмосфера обогащается кислородом на то количество, которое потребовалось бы на окисление ассимилированных органических молекул [21].

**Результаты моделирования.** По результатам моделирования (рис. 3) получено следующее – с увеличением доли потребления зелеными сосудистыми растениями растворимого органического вещества (от 0,01 до 0,1) происходило возрастание как биомассы растений, так и возрастание биомассы хищников и фитофагов. Содержание ПОВ было пропорционально фитомассе. При этом биомасса детритофагов и редуцентов соответствовала биологической емкости среды. Моделирование подтвердило, что ПОВ является важным звеном функционирования экосистем, основой которых является трофическая система почва–растение.

Функционирование системы почва–растение в значительной мере определяется количеством и качественным составом ПОВ, с которым связаны круговороты азота и зольных элементов [18, 19]. С позиции биогеоценологии, хорошо гумифицированный органический материал муллевого типа является одним из условий функционирования трофосистемы почва-растение. В трансформации

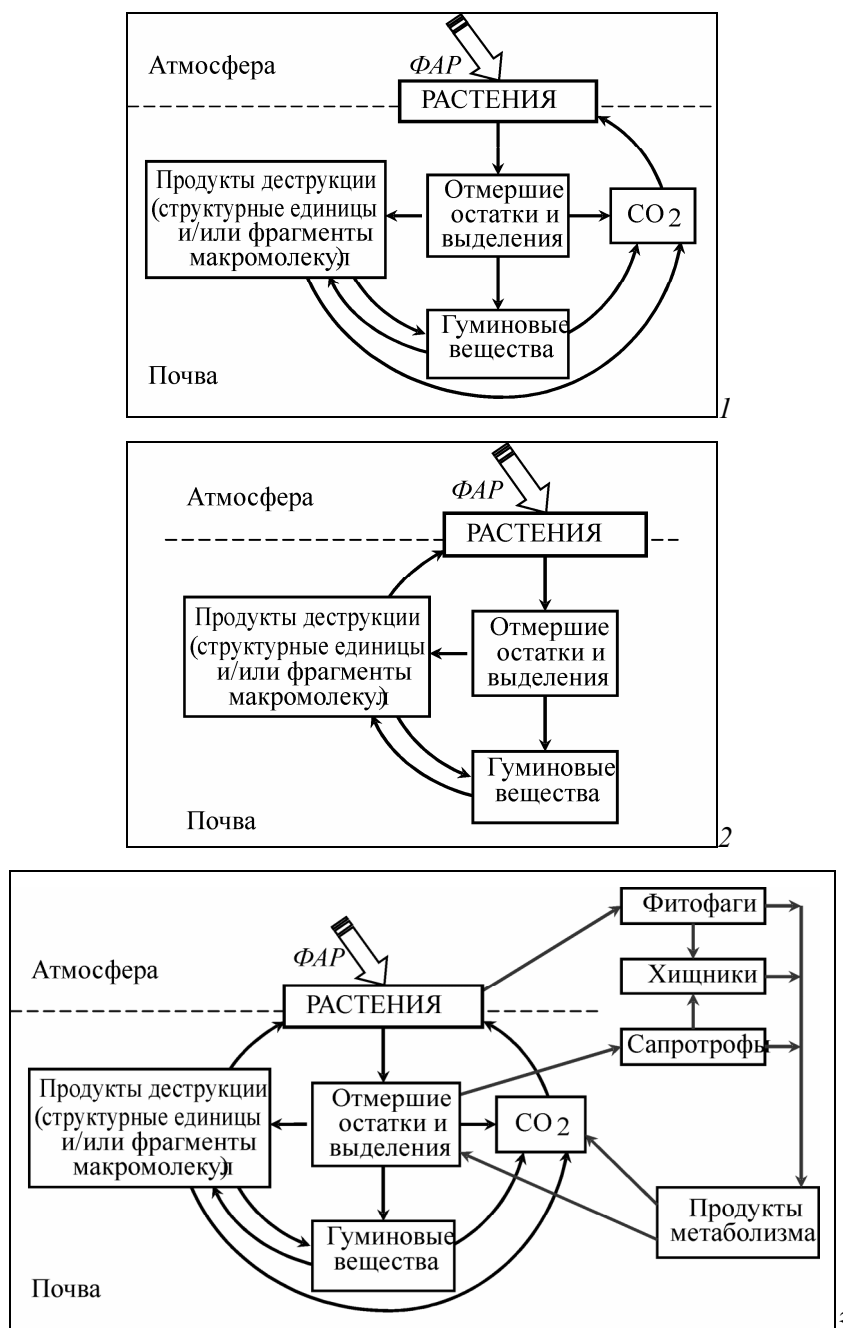


Рис. 1. Биологические циклы углерода в экосистеме

1 – известный цикл углерода; 2 – цикл углерода органических соединений; 3 – объединенный цикл углерода.

ПОВ участвуют три нетаксономические группы организмов: первая группа – комплекс микроорганизмов (прокариот, протистов и хромистов) и грибов; вторая группа – микроскопические беспозвоночные животные, размер тела которых не превышает 2 мм, – в основном артроподы и сапротрофные нематоды; третья группа (мезофауна) – беспозвоночные животные, размер тела которых находится в интервале от 2 до 200 мм (иногда и более), наиболее функционально значимыми из которых являются дождевые черви [10, 13, 14, 29]. Именно дождевые черви способствуют образованию муллевого типа гумуса.

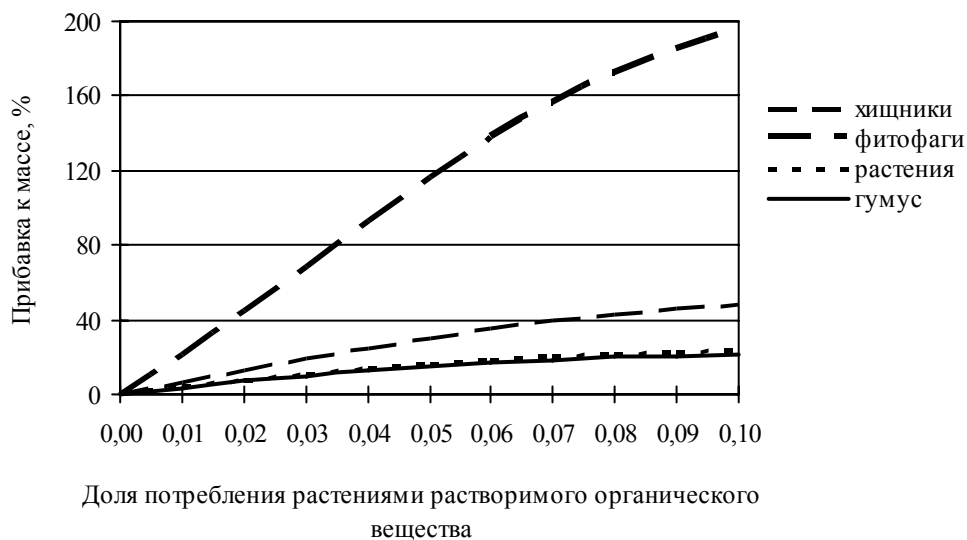


Рис. 2. Влияние доли потребления растениями растворимого органического вещества на увеличение содержания гумуса и биомассы растений, хищников и фитофагов

Обеспечение трофосистемы почва-растение зольными элементами осуществляется литолитическими организмами, которые способны к активному биологическому выветриванию минеральной массы (рис. 3). В биологическом выветривании минералов горных пород принимают участие прокариоты и грибы [2, 3, 8]. Весьма активными литолитическими организмами являются микоризные грибы [27]. Ризосферные микроорганизмы также участвуют в снабжении растений биофильными веществами [12, 23]. Кроме того, корневые выделения растений также способны вызывать коррозионно-гидролитическое разъедание горных пород [7]. Литолитические организмы играют важнейшую роль в природе, замыкая циклы биофильных элементов [6]. Еще одной важной группой живых организмов, участвующих в функционировании системы почва-растение, являются азотфиксирующие организмы [15, 16, 30]. Эти организмы обогащают систему почва-растение азотом.

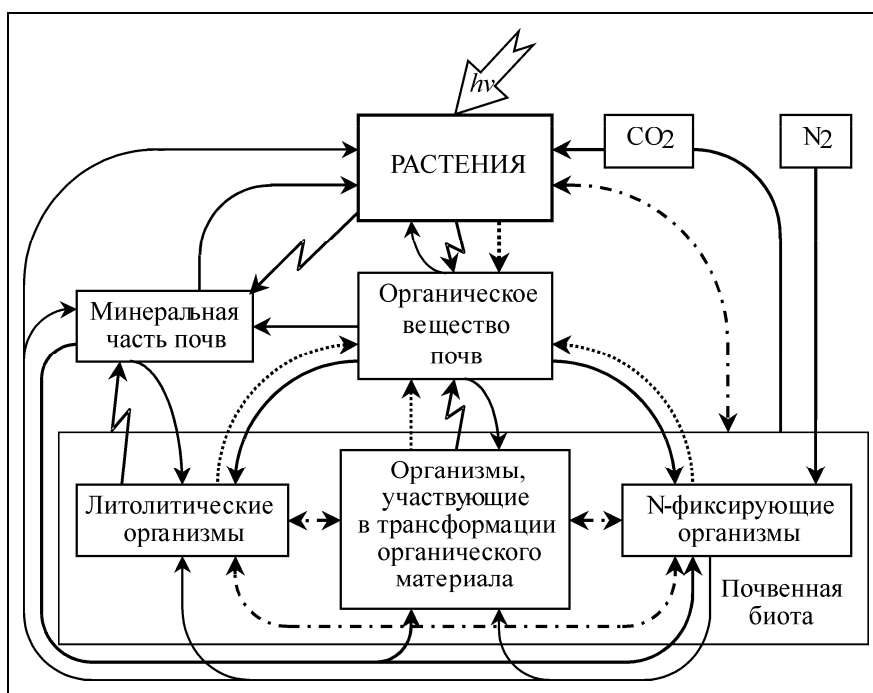


Рис. 3. Трофическая взаимосвязь в системе почва-растение

$\swarrow$  – биохимическое воздействие;  $\leftarrow$  – потоки вещества;  $\dashleftarrow$  – отмершие остатки и экскреаты;  $\leftrightarrow$  – симбиотические взаимоотношения.

Интенсивность протекания биологических круговоротов биофильных элементов связана не только с геоклиматическими особенностями местности, но и с видовым разнообразием почвенной и наземной биоты, а также с флористическим составом и физиологическими особенностями растений, входящих в состав фитоценоза конкретного биогеоценоза. Живые организмы, участвующие в биологическом круговороте, в том числе и растения, находятся не только и не столько в конкурентных отношениях между собой, а образуют целую систему ценотических взаимоотношений, основанную на их взаимодополнительности, взаимозаменяемости в функциональном плане и, в конечном итоге, взаимообеспечения пищевыми веществами [19].

Таким образом, растения вместе с почвой образуют единую пищевую систему. Основой функционирования системы почва-растение является двойная трофическая цепь между почвой и растениями. Главными функциональными звеньями системы почва-растение являются: почвенное органическое вещество, литолитические организмы и азотфиксирующие микроорганизмы.

## ВЫВОДЫ

1. Растения вместе с почвой образуют единую пищевую систему.
2. Основой функционирования системы почва-растение является двойная трофическая цепь между почвой и растениями.



3. Одним из главных функциональных звеньев системы почва-растение является почвенное органическое вещество.

4. Моделирование подтвердило, что трофическая система почва–растение является основой функционирования экосистем.

#### Список источников

1. Апонин Ю. М., Апонина Е. А. Иерархия моделей математической биологии и численно-аналитические методы их исследования / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин // Математическая биология и биоинформатика. – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 347–360.
2. Аристовская Т. В. Микробиология процессов почвообразования / Т. В. Аристовская. – Л.: Наука, 1980. – 187 с.
3. Вернадский В. И. Биогеохимические очерки. 1922–1932 гг. / В. И. Вернадский. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 250 с.
4. Гамалей Ю. В. Анализ слагаемых продукционного процесса высших растений и потенциальных возможностей его оптимизации / Ю. В. Гамалей, А. И. Попов, А. В. Гамалей // Управление продукционным процессом растений в регулируемых условиях: Всерос. конф.: 7–11 октября 1996 г.: тез. докл. – СПб.: АФИ, 1996. – С. 21–23.
5. Думачев В. Н. Эволюция антагонистически-взаимодействующих популяций на базе двумерной модели Ферхюльста–Пирла / В. Н. Думачев, В. А. Родин // Математическое моделирование. – 2005. – Т. 17, № 7. – С. 11–22.
6. Заварзин Г. А. Литотрофные микроорганизмы / Г. А. Заварзин. – М.: Наука, 1972. – 323 с.
7. Иванов В. П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов / В. П. Иванов. – М.: Наука, 1973. – 295 с.
8. Илялетдинов А. Н. Биологическая мобилизация минеральных соединений / А. Н. Илялетдинов. – Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1966. – 331 с.
9. Ковда В. А. Основы учения о почве / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Т. 1. – 432 с.
10. Кононова М. М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения / М. М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
11. Кравков С. П. О развитии корневой системы у растений в зависимости от концентрации почвенного раствора / С. П. Кравков [ред. А. В. Советов и Н. П. Адамов]. – СПб., 1899. – (Материалы по изучению русских почв) Вып. 12. – С. 69–81.
12. Красильников Н. А. Микроорганизмы почвы и высшие растения / Н. А. Красильников. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 463 с.
13. Кривоуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле / Д. А. Кривоуцкий. – М.: Наука, 1994. – 272 с.
14. Курчева Г. Ф. Роль почвенных животных в разложении и гумификации растительных остатков / Г. Ф. Курчева. – М.: Наука, 1971. – 156 с.
15. Любимов В. И. Фиксация молекулярного азота бесклеточными препаратами из микроорганизмов / В. И. Любимов // Известия АН СССР. Сер. Биол. – 1963. – № 5. – С. 681–692.
16. Мишустин Е. Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1968. – 531 с.
17. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
18. Попов А. И. О трофической функции органического вещества почв / А. И. Попов, О. Г. Чертов // Вестник С.-Петербург. ун-та. Сер. Биол. – 1993. – Вып. 3, № 17. – С. 100–109.
19. Попов А. И. Биогеоэкологическая роль органического вещества почв / А. И. Попов, О. Г. Чертов // Вестник С.-Петербург. ун-та. Сер. 3. Биол. – 1996. – Вып. 2, № 10. – С. 88–97.
20. Попов А. И. Восстановление функционирования системы «почва-растение» – основа биологической рекультивации антропогенно нарушенных территорий Севера / А. И. Попов, О. Г. Чертов, А. В. Гамалей и др. // Освоение Севера и проблемы рекультивации: III Междунар. конф.: 27–31 мая 1996 г.: матер. – Сыктывкар, 1997. – С. 281–286.
21. Попов А. И. Органическое вещество почв и содержание кислорода в атмосфере / Попов А. И. // Ноосферные изменения в почвенном покрове: Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 80-

- летнему юбилею Ивлева Анатолия Михайловича, 14–22 сентября 2007 г.: матер. – Владивосток: Изд-во Дальневосточн. ун-та, 2007. – С. 424–428.
22. Попов А. И. Органическое вещество почв агроценозов и его роль в функционировании системы почва-растение: автореф. дисс. на соискание ученой степени доктора с.-х. наук / А. И. Попов. – Санкт-Петербург. гос. аграрн. ун-т. – СПб.–Пушкин, 2006. – 48 с.
  23. Пошон Ж. Почвенная микробиология / Ж. Пошон, Г. де Баржак. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1960. – 560 с.
  24. Реймерс Н. Ф. Природопользование / Н. Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 639 с.
  25. Ризниченко Г. Ю. Математические модели биологических продукционных процессов / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. – М.: Изд-во Моск. ун-та. 1993. – 300 с.
  26. Риклефс Р. Общая экология: учеб. руководство / Р. Риклефс. – М.: Мир, 1979. – 424 с.
  27. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И. А. Селиванов. – М.: Наука, 1981. – 232 с.
  28. Уголев А. М. Теория адекватного питания и трофология / А. М. Уголев. – Л.: Наука, 1991. (Наука и технический прогресс) – 272 с.
  29. Чертов О. Г. К характеристике типов гумусового профиля подзолистых почв Ленинградской области / О. Г. Чертов // Почвоведение. – 1966. – № 3. – С. 26–37.
  30. Шлегель Г. Общая микробиология / Г. Шлегель. – М.: Мир, 1987. – 567 с.

**Попов О. И. Трофосистема грунт – рослина – основа функціонування екосистеми //** Экосистемы, их оптимизация и охрана. Симферополь: ТНУ, 2012. Вып. 7. С. 251–260.

Викладена концептуальна модель функціонування екосистем, основою якої є трофічна система грунт – рослина. В результаті аналізу наукової літератури показано, що рослини разом з грунтом утворюють єдину харчову систему, основою функціонування системи грунт-рослина є подвійний трофічний зв'язок між грунтом і рослинами, а однією з головних функціональних ланок системи грунт-рослина є ґрунтова органічна речовина. Моделювання підтвердило, що трофічна система грунт-рослина є основою функціонування екосистем.

*Ключові слова:* функціонування екосистем, система грунт-рослина, ґрунтова органічна речовина, моделювання.

**Popov A. I. The plant – soil trophic system is a basis of ecosystem functioning //** Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2012. Iss. 7. P. 251–260.

The conceptual model of functioning of the ecosystems which is basis of the plant-soil trophic system is presented. On the basis of the analysis of scientific literature it is shown that plants together with the soil form uniform trophic system, a basis of functioning of system the soil plant is double trophic communication between the soil and plants, and one of the main functional links of the plant-soil system is soil organic matter. Modeling confirmed that the plant-soil trophic system is a basis of ecosystem functioning.

*Key words:* ecosystem functioning, plant-soil system, soil organic matter, modeling.