



УДК 591,9+911:574(08)

*Д. В. Гаева***ОПЫЛЕНИЕ КАК ЭКОСИСТЕМНАЯ УСЛУГА
В АГРАРНОМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

Обсуждается роль опыления медоносными пчелами как экосистемной услуги в структуре сельскохозяйственного производства. В качестве основных условий для опыления в агрогеосистемах Калининградской области рассмотрены лесные, болотные и луговые сообщества. По степени продуктивности растительных сообществ для пчеловодства проведена типизация территории. Межгодовая динамика с 1991 по 2014 г. выполнения экосистемных услуг агрогеосистемой проанализирована на примере модельного участка. Показано влияние современных изменений климата на обеспечение экосистемной услуги.

This article discusses the role of pollination by honeybees as an ecosystem service in the structure of agricultural production. Forest, marsh, and meadow communities are considered as basic conditions for pollination in the ecosystems of the Kaliningrad region. A classification of the area for beekeeping is conducted according to the productive capacity of plant communities. The 1991 – 2004 interannual dynamics of providing ecosystem services by the agricultural geosystem was analysed in the case of a model area. The author emphasizes the impact of climate change on the ecosystem service.

Ключевые слова: сервис экосистем, Калининградская область, опыление, медоносные растения, изменения климата.

Key words: ecosystem services, Kaliningrad region, pollination, honey plants, climate change.

Введение

Методы и критерии оценки экосистемных услуг в отечественной литературе разработаны недостаточно, хотя экосистемный подход дает возможность предвидеть надвигающиеся изменения и исключительно важен для пространственного планирования и управления землепользованием [19]. Экосистемный сервис – средство выявления угроз природным экосистемам с целью выработки социально приемлемых и эффективных решений многих экологических вопросов. Тем не менее есть некоторые существенные проблемы, мешающие широкому признанию подхода с позиций сервиса экосистем. Так, некоторые авторы считают, что хотя экосистемные услуги зависят от функций экосистем, эти два термина не являются синонимами. Экосистемные услуги, в частности опыление, приносят несомненную пользу человеку [13]. С позиций выгоды для людей опыление становится экосистемной услугой.



Услуги опыления способствуют производству фруктов, орехов и овощной продукции, стоимость которых в пять раз превышает сельскохозяйственные субсидии на их производство [18]. Особенно важен такой подход при оценке и разрешении конфликтных ситуаций в природопользовании, когда весомым аргументом становится экономическая выгода от использования того или иного природного ресурса.

Основные типы экосистемных услуг впервые были определены в докладе международной программы «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (ОЭ) [16]:

- поддерживающие: циркуляция питательных веществ, образование почв, первичная продукция;
- обеспечивающие: продукты питания и сырье, пресная вода, топливо;
- регулирующие: климат и паводки, заболевания, очистка воды;
- культурные: эстетические, духовные, просветительские, рекреационные.

В совокупности экосистемные услуги составляют сервис экосистем, рассматриваемый как выгоды, получаемые человеком от экосистемы.

Предпринимаются попытки монетарного подхода экосистемных услуг, подсчитана их стоимость по биомам [12]. Согласно подсчетам, луга в производстве продуктов питания (обеспечивающие услуги) добывают прибыль до 1192 дол./га в год, а прибрежные геосистемы – 2384 дол./га в год. Вклад водно-болотных угодий достигает 3015 дол./га в год, а доходы от противоэрозионного действия болот – 2607 дол./га в год.

Экосистемные услуги в сельскохозяйственном землепользовании

Агрогеосистемы для своего функционирования постоянно нуждаются в благоприятных почвенных, климатических и водных ресурсах, рассматриваемых как экосистемный сервис. В условиях высокой трансформации природных геосистем сельское хозяйство кроме производства продуктов питания и сырья обеспечивает и другие экосистемные услуги – эстетику ландшафта, рекреацию, связывание углерода, сохранение биоразнообразия и опыление растений. Отсутствие баланса в агрогеосистемах проявляется в «антисервисе» сельского хозяйства – негативных последствиях изменений климата, ухудшении качества почв и др. (рис. 1).

Некоторые из «антиуслуг» снижают привлекательность ландшафта, вызывают неприятный запах воды и воздуха, другие с течением времени приводят к ухудшению самочувствия из-за концентрации загрязняющих веществ в воде и воздухе или дисбаланса питательных веществ в продуктах. Сокращение биоразнообразия снижает способность агрогеосистем противостоять вредителям и болезням, недостаточное опыление сельхозкультур увеличивает расходы на производство сельхозпродукции.

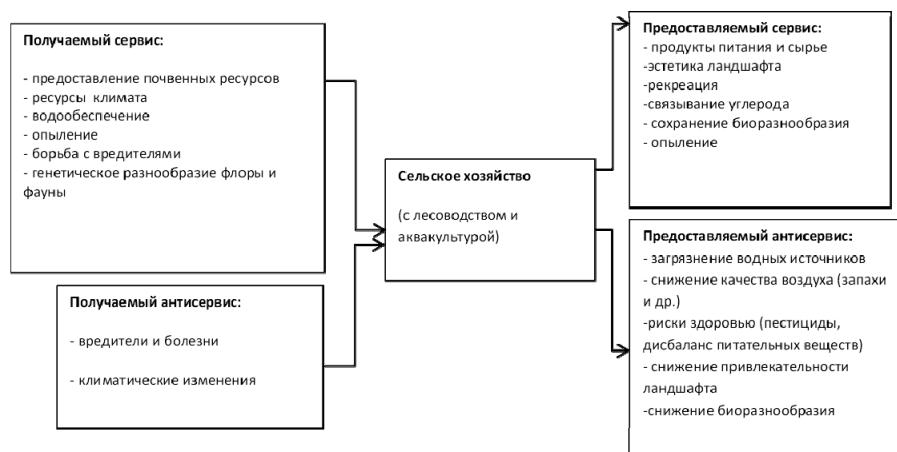


Рис. 1. Классификация экосистемных услуг в сельском хозяйстве [18], с дополнениями автора

Услуги могут быть местными (опыление); региональными (регулирование паводков и очистка воды) и глобальными (регулирование климата). Экосистемные услуги оказывают влияние на благосостояние человека, удовлетворение его основных материальных потребностей в питании и жилье, защите и охране здоровья, на обеспечение свободы выбора и действий [15].

Роль опыления в агрогеосистеме

Пчелы — незаменимые опылители в аграрных и лесных геосистемах, но в отечественных научных публикациях этой «услуге» уделяется недостаточно внимания. Пчела как вид во многом зависит от флористического биоразнообразия, экологического состояния компонентов геосистемы (воды, почвы, воздуха) и наиболее подвержена негативному воздействию трансформационных процессов в агрогеосистемах. По существу, пчелы являются маркером сбалансированности функционирования этих процессов. Медоносные пчелы существуют в мобильных или стационарных ульях — как аборигенные виды в Европе и Африке или как популяции на других континентах, кроме Антарктиды. Общемировое значение медоносных пчел для повышения урожайности энтомофильных сельскохозяйственных культур постоянно возрастает в связи с увеличением размеров площадей под посевами этих культур и сокращением количества диких насекомых-опылителей. Особенно важна роль медоносных пчел в странах с интенсивным сельским хозяйством (рис. 2).

Медоносные пчелы имеют большое преимущество перед дикими насекомыми. Пчелы живут большими семьями (50—80 тыс. особей); рабочая особь при каждом вылете в поле посещает для сбора нектара до 100—150 цветков, а пчелы сильной семьи способны посетить за день не менее 50—60 млн цветков гречихи, подсолнечника или других культур. При этом пчела несет на теле до 3—5 млн пыльцевых зерен и успешно переопыляет растения.

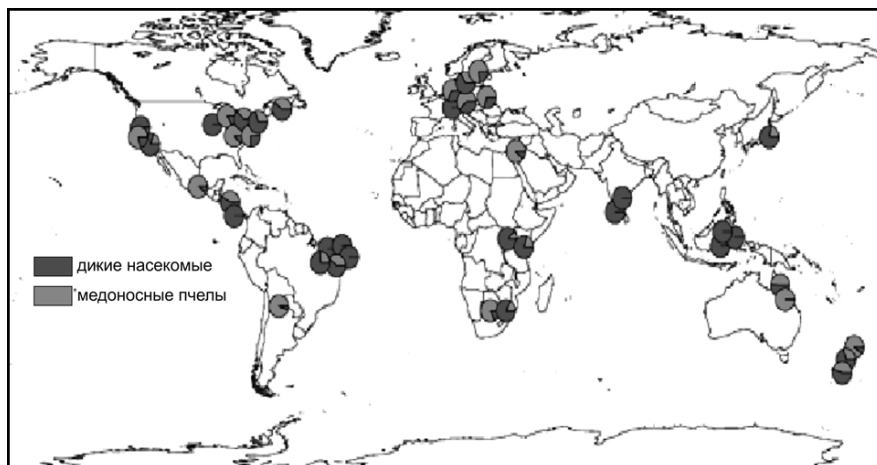


Рис. 2. Посещение цветов медоносными пчелами и дикими насекомыми [14]

В течение года одной пчелиной семье требуется до 100 кг меда; кроме того, для рентабельности пасеки пчелиная семья должна произвести товарный мед (в условиях Калининградской области это около 25 кг). На продуктивность и развитие пчеловодства, а также сохранение оптимального уровня опыления влияют как природные факторы (климат, естественная динамика фитоценозов), так и изменение условий хозяйствования, территориальной организации землепользования. Интенсивное пчеловодство — показатель его высокого уровня. Для опыления 1 га энтомофильных растений требуется от двух до восьми семей пчел (например, для опыления 1 га рапса требуется до четырех пчелосемей), и многие фермеры в Европе вынуждены приобретать услуги опыления у пчеловодов, так как насыщенность территории пчелами в странах ЕС недостаточна. Однако мед и пыльца, полученные с промышленных культур, часто непригодны для питания пчел.

В Калининградской области от опыления пчелами зависят три вида промышленно возделываемых культур — рапс, кормовые бобы и гречиха, — занимающие в общей посевной площади соответственно 22,1, 2,4 и 0,1 %. Площади под основной пчелоопыляемой культурой — рапсом (*Brassica napus oleifera*) — с 1990 по 2012 г. увеличились в регионе на 80 %.

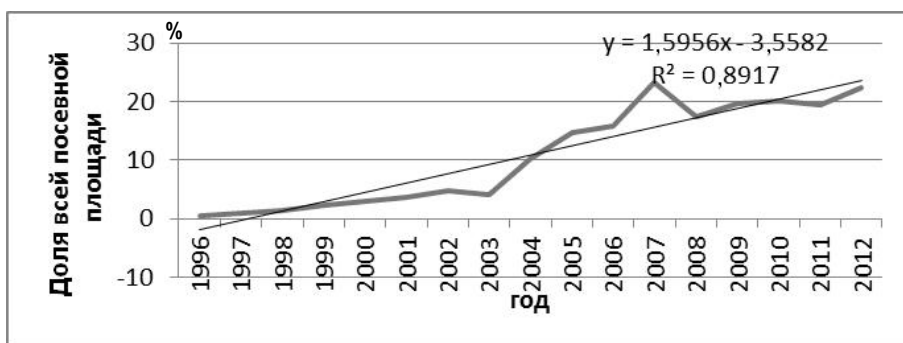


Рис. 3. Доля (%) рапса во всех посевах, 1996–2012 гг.



Таким образом, рост доли пчелоопыляемых культур в общей структуре землепользования Калининградской области составляет в среднем 1,6 % в год. Общий валовый сбор рапса составил здесь в 2014 г. около 87 тыс. тонн [21]. С учетом средней цены за 1 тонну рапса по России (октябрь в 2014 г.) — около 288 дол. США [23] — общая его стоимость рапса достигла 25 млн дол.

Современное производство коммерческих сельскохозяйственных культур на 90 % зависит от управляемого опыления медоносными пчелами (например, размещением пчелиных семей в садах или полях для улучшения урожайности сельскохозяйственных культур) и значительно менее от диких насекомых, живущих на периферии посевов [7]. Таким образом, для сохранения услуги опыления в агроландшафтах необходимы достаточные ресурсы медоносных растений, ежегодно обеспечивающих пчел нектаром и пыльцой на протяжении активного периода их жизни. В России около 30 регионов отличаются составом и соотношением медоносных растений, которые влияют на развитие пчеловодства и продуктивность пчелиных семей.

Медопродуктивность растительных сообществ Калининградской области

При анализе медосборных условий региона необходимо учитывать важнейшие особенности сбора нектара и обеспеченности пчел источниками пыльцы весной, летом и осенью. Решающее значение имеет период активного цветения растений — время его наступления, сила и продолжительность. Важными для пчеловодства будут растения, массово произрастающие и имеющие высокую и среднюю медопродуктивность с учетом климатических условий.

В Калининградской области насчитывается более 1300 дикорастущих видов сосудистых растений, из которых медоносными и пергоносными свойствами обладают 334 вида (25 %), а также 19 видов культивируемых в области сельскохозяйственных, садовых и декоративных растений [4].

На основе натуральных наблюдений и оценки среднего взятка на двух экспериментальных пасеках в Полесском и Славском районах, а также литературных и справочных данных о нектаропродуктивности лесных и луговых растений автором были выделены наиболее важные дикорастущие медоносные растения Калининградской области: с медопродуктивностью от 100 кг и выше либо с более низкой медопродуктивностью, но длительным периодом цветения — 20 дней и более.

В регионе велика медопродуктивность *лесных фитоценозов*, занимающих около 18 % территории. Среди древесных пород выделяется липа мелколистная (табл. 1). Наиболее богаты липой Гвардейский (5 %), Гусевский и Багратионовский (3–5 %) районы. Липа требовательна к почве, и произрастание ее в лесу — показатель высокого плодородия. Нектаровыделение у липы достигает 500–700 кг/га, однако короткий период цветения часто совпадает с дождливой погодой в последнюю декаду июня — первую декаду июля. Липа стабильно выделяет нектар только с освещенной стороны кроны, что определяет межгодовые и пространственные колебания ее медопродуктивности. Среди кустар-



ников подлеска наиболее значимы малина лесная (*Rubus idaeus* L.), крушина ломкая (*Rhamnus frangula* L.) — длительный период цветения этих растений позволяет пчелам ежегодно собирать достаточное количество товарного меда.

Таблица 1

Дикорастущие лесные медоносные растения Калининградской области

Вид	Медопродуктивность, кг/га	Продолжительность цветения, дни	Период цветения
Липа мелколистная (<i>T. Cordata</i> Mill.)	500–700	12–14	Июнь
Ива (<i>Salix</i> L.)	100–150	5–30	Март – апрель
Малина лесная (<i>Rubus idaeus</i> L.)	100–200	25–40	Июнь – июль
Крушина ломкая (<i>Rhamnus frangula</i> L.)	90–100	60–80	Май – июль
Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	20–30	30	Май – июнь
Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	15–20	30	
Клюква (<i>Vaccinium oxycoccus</i> L.)	15–20	30	
Вереск обыкновенный (<i>Calluna vulgaris</i> L.)	180–200	40	Июль – сентябрь
Багульник (<i>Ledum palustre</i> L.)	80–100	30	Май – июнь
Дербенник иволистный (<i>Lythrum salicaria</i> L.)	300–350	80–90	Июнь – август
Иван-чай (<i>Chamerion angustifolium</i> L.)	120–350	45	Июнь – июль
Бальзамин лесной (<i>Impatiens noli tangere</i> L.)	100–350	60–70	Июнь – август
Зеленчук желтый (<i>Galeobdolon Luteum</i> L.)	40–50	40–50	Май – июнь
Буквица лекарственная (<i>Betonica officinalis</i> L.)	100–150	40–50	Июнь – июль
Золотарник канадский (<i>Solidago canadensis</i> L.)	110–150	70	Июль – сентябрь

24

Стабильность медосбора в лесах обеспечивает растительность опушек и вырубок: иван-чай (*Chamerion angustifolium*), золотарник канадский (*Solidago canadensis*); влажных местообитаний: брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), клюква (*Vaccinium oxycoccus* L.), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* Salisb), багульник (*Ledum palustre* L.), дербенник иволистный, бальзамин лесной (*Impatiens noli tangere* L.), зеленчук желтый (*Galeobdolon Luteum*). Практически все лесные медоносные растения Калининградской области имеют длительный срок цветения (например, у двух видов — золотарник канадский (*Solidago canadensis*) и вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* Salisb) — цветение заканчивается в сентябре), что очень важно для пчел этого региона, находящихся в активном состоянии до середины октября. Ива — также ценное растение, она значима как один из первых весенних медоносных видов, когда других цветущих медоносных растений мало или нет совсем.

Болотные фитоценозы занимают 82100 га, или 6 % территории Калининградской области; они важны для пчеловодства, но их использование ограничивается отсутствием подъездных путей. При этом верховые болота составляют 32,5 % от общей площади болот, низинные — 64 %; 3,5 % приходится на болота переходного типа. Среди многочисленных видов растений сообществ болот и болотных лесов продуктивны следующие медоносы и пыльценосы: крушина ломкая (*Frangula alnus*), ивы (*Salix*), ольха черная (*Alnus glutinosa*), черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), клюква (*Oxycoccus quadripetalus*), багульник (*Ledum palustre*), вереск (*Calluna vulgaris*) (табл. 2).



Таблица 2

Дикорастущие болотные медоносные растения Калининградской области

Вид	Медопродуктивность, кг/га	Продолжительность цветения, дни	Период цветения
Черника (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	20–30	30	Май – июнь
Брусника (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	15–20	30	
Клюква (<i>Vaccinium oxococcus</i> L.)	15–20	30	
Вереск обыкновенный (<i>Calluna vulgaris</i> L.)	180–200	60	Июль – сентябрь
Багульник (<i>Ledum palustre</i> L.)	80–100	30	Май – июнь
Сабельник болотный (<i>Comarum palustre</i> L.)	30–65	60–80	Июнь – июль

25

В регионе возможно получение товарного монофлерного меда с болотных медоносных растений за период с первой декады июня по октябрь. Концентрация сахара в нектаре болотных растений ниже, чем лесных. Однако медопродуктивность растительных сообществ верховых болот достигает 200 кг/га [3]. Одно из преимуществ болотных ассоциаций как медоносной базы – длительность периода цветения болотных растений: так, вереск и сабельник цветут до двух месяцев и более. Благоприятные микроклиматические условия болотных геосистем – высокая влажность воздуха, пониженная скорость ветра, низкая амплитуда температуры воздуха – способствуют нектаровыделению. Труднодоступные для медоносных пчел болотные сообщества становятся кормовыми угодьями для диких видов пчел.

Луговые растения. Среди луговых растительных сообществ в условиях высокого антропогенного воздействия наиболее важны растительные сообщества пойменных лугов, лесных опушек, пастбищ и сенокосов (табл. 3).

Таблица 3

Дикорастущие медоносные растения лугов Калининградской области

Вид	Медопродуктивность, г/га	Продолжительность цветения, дни	Период цветения
Душица обыкновенная (<i>Origanum vulgare</i> L.)	200	90–130	Июнь – сентябрь
Золотарник канадский (<i>Solidago canadensis</i> L.)	110–150	70	Июль – сентябрь
Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	50	15–20	Май
Чина луговая (<i>Lathyrus pratensis</i> L.)	60	50	Июнь – июль
Горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i> L.)	100–370	30–40	Июнь – июль
Клевер белый ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.)	100	50–70	Июнь – август
Лядвенец рогатый (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	30–60	50–60	Июнь – август
Василек луговой (<i>Centaurea jacea</i> L.)	100–150	50–60	Июнь – июль
Гравилат речной (<i>Geum rivale</i> L.)	70–150	30–40	Май – июнь
Донник белый (<i>M. Albus</i> Desr.)	130–270	30–40	Июль – август



В спектре диких и культурных растений пойменных лугов р. Деймы выделено 27 видов медоносных растений (28,4 % от общего числа видов) [6]. В связи с пониженной вероятностью почвенных засух медопродуктивность этих территорий отличается стабильностью и благоприятна для размещения стационарных пасек, а также играет важную роль в сохранении видового разнообразия диких опылителей.

На основе данных о продолжительности цветения и медопродуктивности главных медоносных растений на территории Калининградской области выделено четыре типа растительных сообществ (рис. 4).

I — высокопродуктивные, включающие широколиственные леса, широколиственно-хвойные подтаежные леса, пойменные луга в сочетании с осоковыми болотами. Основные растения-медоносы: липа мелколистная (*T. Cordata* Mill.), малина лесная (*Rubus idaeus* L.), крушина ломкая (*Rhamnus frangula* L.), иван-чай (*Chamerion angustifolium*), душица обыкновенная (*Origanum vulgare*), черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), багульник (*Ledum palustre* L.), ива (*Salix*), дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*), горошек мышиный. Медосбор интенсивный, продолжительный — с апреля по август.

II — среднепродуктивные, под хвойными лесами. Основные продуктивные растения: черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), багульник (*Ledum palustre* L.), иван-чай (*Chamerion angustifolium*), душица обыкновенная (*Origanum vulgare*). Медосбор умеренный, с мая по июль.

III — умеренно-продуктивные, под низинными болотами и заболоченными лугами, частично облесенные, в сочетании с сельскохозяйственными землями. Основные медоносные растения: дербенник иволистный (*Lythrum salicaria*), гравилат речной (*Geum rivale* L.). Сфагновые болота необлесенные, западного типа: клюква (*Vaccinium oxococcus* L.), черника (*Vaccinium myrtillus*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), багульник (*Ledum palustre* L.), вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* Salisb.). Медосбор слабый, длительный — с мая по август; на сфагновых болотах — с мая по октябрь, с перерывом с середины июня до начала августа.

IV — условно-продуктивные: черноольховые и мелколиственные леса, растительность дюнных комплексов, сельскохозяйственные угодья. Основные медоносные растения: крушина ломкая (*Rhamnus frangula* L.), ива (*Salix* L.), гравилат речной (*Geum rivale* L.). Медосбор неустойчивый, слабый. Получение товарного меда возможно только на сельскохозяйственных угодьях вблизи пастбищ и сенокосов, а также при наличии медоносных растений в севообороте. Одно из важнейших весенних медоносных растений сельскохозяйственных угодий — одуванчик лекарственный, в первую-вторую декады мая преобладающий в феноспектре цветущих растений сенокосных лугов и пастбищ. С июня по август основные луговые медоносы — бобовые растения: чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), люцерна рогатый (*Lotus corniculatus* L.), донник белый (*M. Albus* Desr.). Пастбища с умеренным выпасом также могут быть относительно продуктивными из-за присутствия в травостое клевера белого (*Trifolium repens*), имеющего наиболее продолжительный период цветения среди всех луговых растений и устойчивого к вытаптыванию.

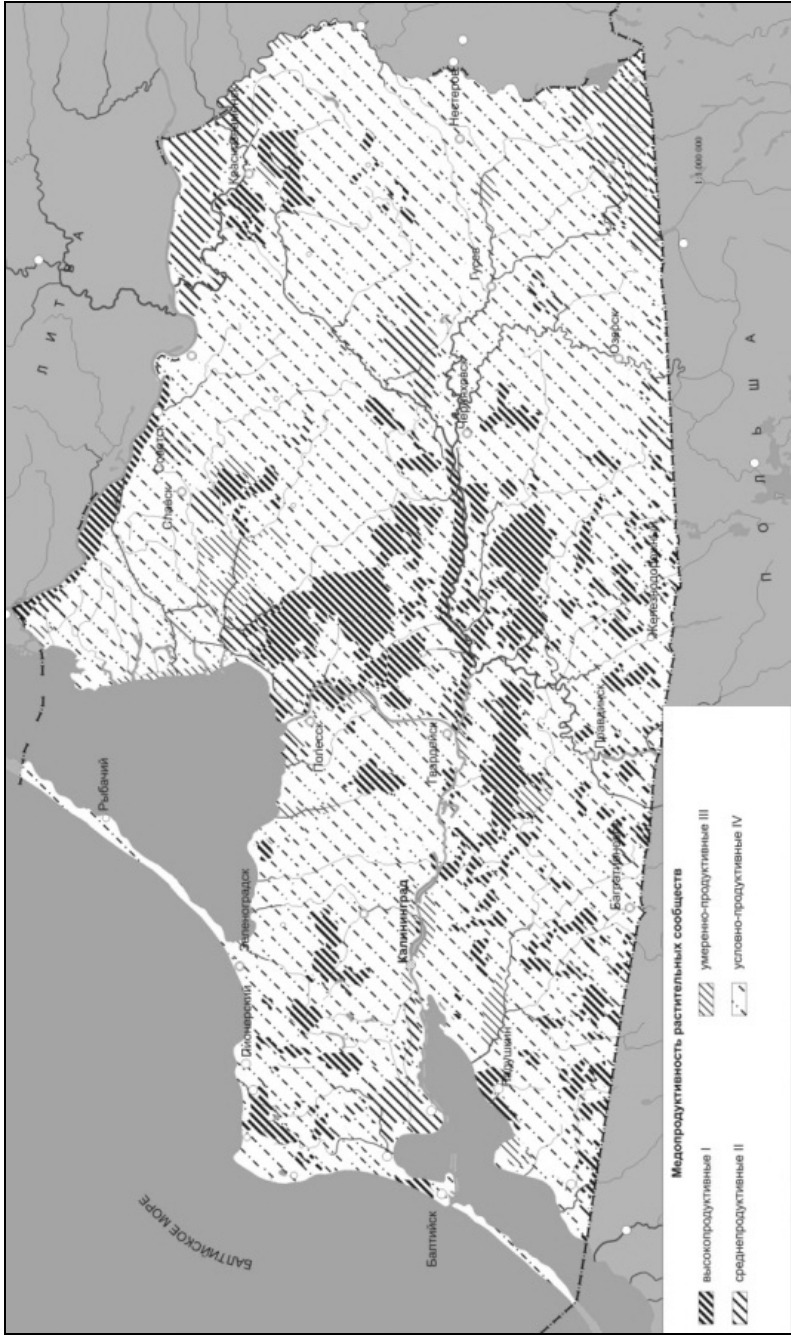


Рис. 4. Медопродуктивность растительных сообществ Калининградской области (составлено на основе карты «Растительность» [2])



В севооборотах 2012 г. использовались медоносные культуры: люцерна посевная (*Medicago sativa*), клевер гибридный (*Trifolium hybridum*), клевер красный (*Trifolium pretense*), вика кормовая (*Vicia sativa*) и гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*); занятая ими площадь в целом составляла 2056,6 га, или 1,3 % от общей посевной площади. Вновь создаваемые травяные угодья часто представляют собой монокультуру райграса (*Lolium perenne* L.) – такое искусственное снижение биоразнообразия приводит к уязвимости травяных экосистем по инвазивным видам, способствуют (в совокупности с увеличением количества осадков) распространению грибковых патогенов и изменению структуры сообществ насекомых [20].

Из-за низкой транспортной доступности лесных и пойменных медоносных угодий пастбища и сенокосы остаются важнейшими кормовыми угодьями для пчеловодства. Наряду с опылением травяные угодья выполняют и другие экосистемные услуги – связывание углерода, сдерживание эрозии почв, сохранение местообитания.

Анализ экосистемных услуг в аграрном землепользовании

Исследования опылителей, как правило, сосредоточены на анализе воздействия пестицидов. Большинство мероприятий по защите диких и медоносных пчел заключается в сохранении полуестественной растительности на окраинах полей или систем возделывания смешанных культур для снижения применения пестицидов.

Угрозу для медоносных пчел и диких опылителей представляет загрязнение компонентов геосистемы, вызывающее отравление и гибель насекомых. Установлено, что водные источники (поверхностные водоемы и водотоки, артезианские скважины на пасеках) играют существенную роль в поступлении загрязняющих элементов в продукты пчеловодства [5]. Особенно опасны для пчел энтомофильные культуры, обрабатываемые инсектицидами в фазу цветения.

Комплексная оценка условий в разрезе административных образований с учетом природно-ресурсных, социально-экономических и экологических показателей [1] позволила выделить три группы районов по степени благоприятности для пчеловодства:

- условия неблагоприятные: Гурьевский, Гусевский, Зеленоградский, Неманский, Черняховский районы;
- условия благоприятные: Гвардейский, Краснознаменский, Нестеровский, Правдинский районы;
- условия самые благоприятные: Багратионовский, Озерский, Полесский, Славский районы.

Особенности реализации экосистемных услуг агрогеосистемой проанализированы на модельном участке (пос. Ягодное Полесского района: 54° 46' 59.91" с.ш., 21° 32' 02.23" в.д.) с учетом динамики землепользования с 1991 по 2014 г. Модельный участок – окружность с радиусом 1500 м (радиус продуктивного лёта пчел расположенной в центре окружности пасеки); площадь ее составляет около 700 га.



Радиус продуктивного лёта пчел составляет 1–2 км, то есть потенциально опыляемыми растениями будут те, которые попадают в окружность с диаметром 3 км [10], поэтому от плотности расположения пчел на территории зависит качество опыления, а следовательно, продуктивность и биоразнообразие в агрогеосистемах.

За исследуемый период площадь под сенокосным лугом и пастбищами здесь сократилась более чем на 50 %. Средняя медопродуктивность одной пчелиной семьи – 10–15 кг (в 1992 г. – 18–20 кг). Травяные угодья с преобладанием медоносных трав сократились за счет посевов кукурузы и рапса. Посевы рапса цветут кратковременно и большую часть активного дня пчел периода представляют собой непродуктивные участки. Это характеризует трансформации в структуре сельскохозяйственного землепользования как негативные для диких опылителей и медоносных пчел. За исследуемый период произошло сокращение биоразнообразия, обусловленное снижением площадей лугов, увеличились риски загрязнения водных источников и воздушной среды за счет применения пестицидов и удобрений, снизилась эстетика ландшафта из-за увеличения площадей монокультур в агроландшафте. Однако произошло увеличение выхода продуктов питания и сырья благодаря повышению продуктивности 1 га сельхозугодий.

В пределах модельного участка нами была проведена оценка видового состава растительности. В ходе ботанического обследования участка определено 37 видов растений, принадлежащих к 11 семействам; 13 видов – кормовые, 6 – ограниченно-кормовые, 9 – медоносные, 16 отнесены к условно-медоносным растениям. В 1991 г. участок использовался под посевы смеси кормовых культур (овес + горох + вика + подсолнечник), с 1992 по 1998 г. – залежь. С 1998 г. используется как пастбище и сенокос без внесения минеральных и органических удобрений. За период с 1992 по 2013 г. (рис. 5) не производилось подсева луговых трав, сукцессионные процессы происходили под влиянием сенокосения и выпаса скота. Участок разделен на две зоны: сенокосный луг и пастбище. Укос производится однократно: в конце июня – начале июля. Урожайность сена около 3,3 т/га. Участок относится к временно-переувлажненным суходолам. Почвы – дерновые, величина гумусового горизонта колеблется от 25 см в понижениях до 15 см на возвышенных участках.

Положительные тенденции: снижение численности сорных растений с 2000 по 2013 г., в частности бодяка полевого: на пастбище с 25–30 % до 15–20 %, на сенокосном лугу от 15–20 % до единичной встречаемости; пижмы: на пастбище и лугу с 15–20 % до единичной встречаемости; увеличение присутствия кормовых и медоносных бобовых растений – клевера, горошка мышиного, лядвенца. Негативные тенденции: появление карантинного вида – крестовника (*Senecio jacobaea* L.); снижение численности кормовых злаков на пастбище, потеря его продуктивности за счет увеличения заболоченной площади.

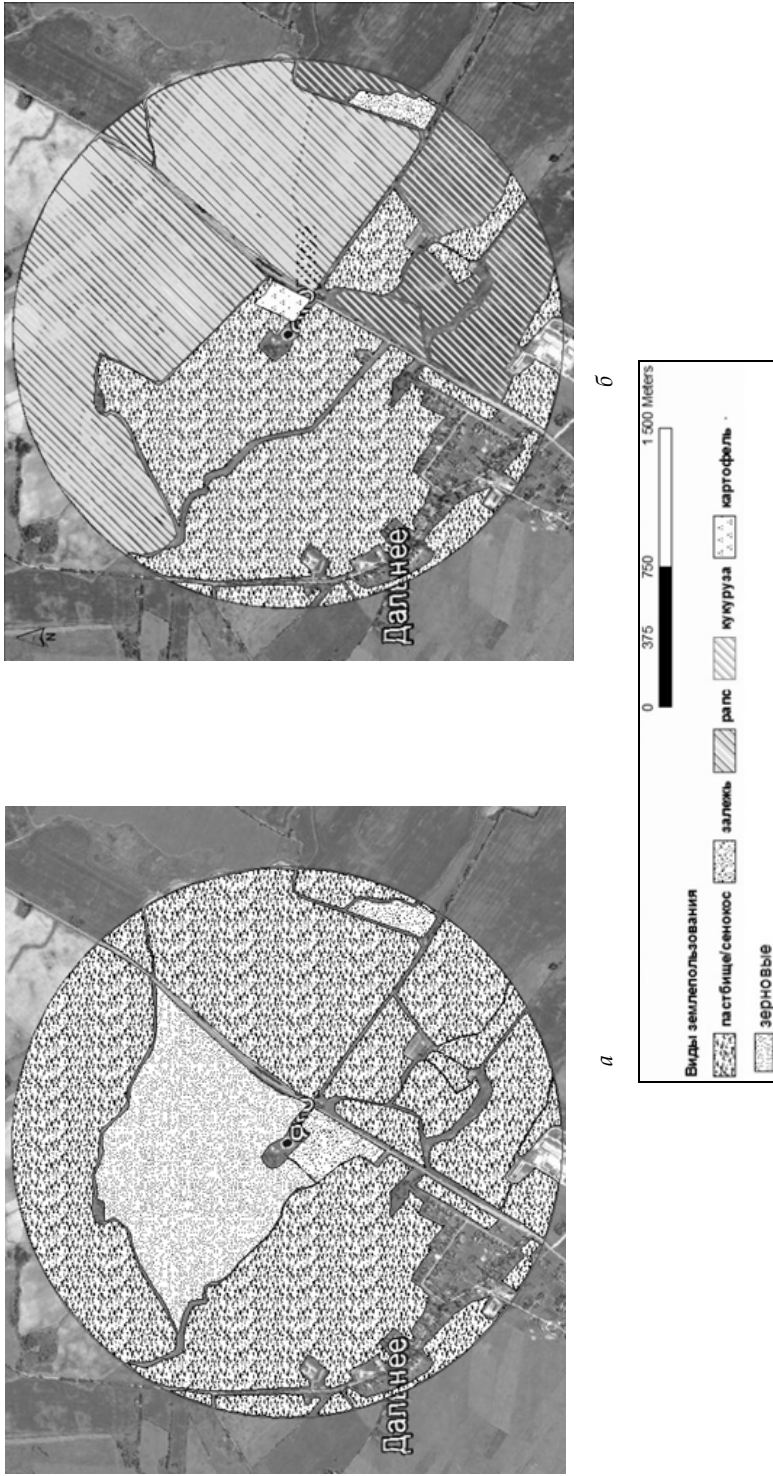


Рис. 5. Динамика структуры сельскохозяйственного землепользования на модельном участке в пределах радиуса продуктивного лёта пчел (1,5 км):
 а — 1992 г.; б — 2014 г.



Ранее положительное влияние увеличения мозаичности агроландшафта на сохранение диких опылителей и медоносных пчел было доказано в ряде зарубежных публикаций [9; 11]. Снижение биоразнообразия в агрогеосистеме из-за использования монокультур вызывает снижение пищевой ценности нектара и пыльцы, что приводит к ослаблению иммунитета насекомых. Для сохранения экосистемной услуги опыления в агрогеосистеме важен прежде всего баланс в структуре землепользования с сохранением природных и увеличением искусственно созданных агрофитоценозов с высоким биоразнообразием медоносных растений.

Климатические изменения и опыление: результаты эксперимента

31

В наши дни растет интерес к изучению последствий изменения климата для реализации экосистемных услуг. В первую очередь исследуются обеспечивающие услуги агрогеосистем (сырье, пища) и прямое воздействие изменения температуры и увлажнения на урожайность [17]. Однако климатический фактор также влияет на поддерживающие услуги, в частности на опыление. Основные проблемы здесь связаны с различиями во времени начала жизненных фаз пчел и циклов растений. Ближайшие метеорологические станции, на которых проводятся регулярные фенологические наблюдения, находятся в Литве (Шилуте) и Польше (Венгожево).

Одной из задач выполненного автором эксперимента было определение сроков цветения основных медоносных растений в радиусе лета пчел модельного участка. Наблюдения проводились с 2002 по 2014 г. за 13 видами медоносных растений и сезонной активностью пчел. Определение феноспектра цветения растений в пределах продуктивного лета пчел было необходимо для экономического обоснования размещения пасеки. В умеренной зоне, где начало цветения первых медоносных растений не совпадает с началом активного периода у пчел, увеличение асинхронности может приводить к голоду и ослаблению популяции диких и медоносных пчел, а также к повышению расходов на подкормку пчел в промышленном пчеловодстве в весенний период. Уже в конце XIX в., как показывают проведенные на территории Восточной Пруссии в 1893 г. фенологические наблюдения за началом цветения 48 видов растений, отмечались положительные сдвиги сроков цветения. От года к году асинхронность значительно варьирует. Так, различия между датами начала цветения одуванчика (*Taraxacum officinale*) — важного кормового растения для пчел — в весенний период и пробуждением пчел в 2002 г. составляли 32 дня, а в 2011 и 2014 г. возросли до 95 и 75 дней соответственно (рис. 6).

Анализ случаев положительного отклонения сроков цветения у лещины (*Corylus avellana*) за период 1970—1999 гг. на территории Литвы показал, что орешник начинает цвести в середине февраля, при преобладающих положительных температурах с начала января, то есть в ме-

ся, предшествующий зацветанию [21]. Такая же тенденция прослеживается и в Калининградской области, в частности для вишни и липы за период наблюдений с 2002 по 2013 г. (рис. 7).

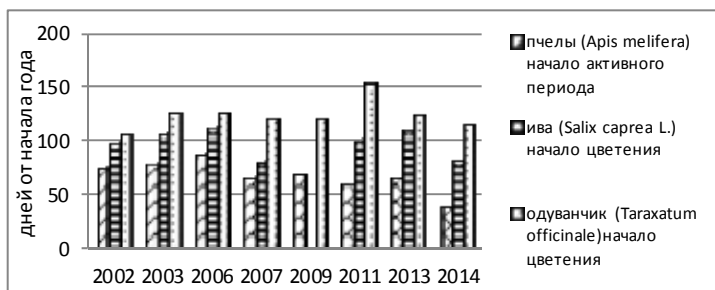


Рис. 6. Асинхронность фенологических явлений в Калининградской области

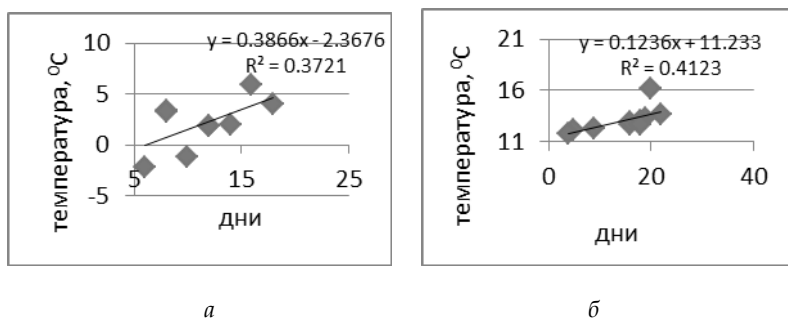


Рис. 7. Корреляционная связь сдвига даты цветения растений в Калининградской области:

- а – вишни и средней месячной температуры в марте;
б – липы и средней месячной температуры в мае

В среднем положительный сдвиг весна / лето в Европе с 1971–2000 гг. составил 2,5 дня за десятилетие [15]. Таким образом, дальнейшая тенденция повышения температуры в зимне-весенний период может привести к недостаточному опылению и снижению урожайности многих продовольственных культур.

Выводы

1. Прослежен рост доли зависимых от опыления пчелами культур в общей структуре землепользования Калининградской области – около 1,6% в год. За период с 1992 по 2013 г. в пределах модельного участка произошло увеличение площадей зависимых от опыления пчелами культур (рапс), с одновременным сокращением луговых угодий – кормовых ресурсов для пчел.

2. Анализ качественной трансформации агрофитоценоза залежи за исследуемый период выявил следующую направленность сукцессионных процессов:



- увеличение биоразнообразия;
- снижение численности сорных растений за период с 2000 по 2013 г.;
- увеличение присутствия кормовых и медоносных бобовых растений – клевера, горошка мышиного, лядвенца.

3. Негативные тенденции проявляются в снижении численности кормовых злаковых трав на пастбище и увеличении заболоченной площади.

С 2002 по 2014 г. увеличился период между датами начала цветения одуванчика (*Taraxatum officinale*) – важного кормового растения для пчел – в весенний период и пробуждением пчел. Анализ наступления сроков цветения для вишни и липы за период наблюдений с 2002 по 2013 г. показал, что положительный сдвиг даты цветения зависит от повышенных температур в месяце, предшествующем зацветанию.

4. Для сохранения экосистемной услуги опыления в агроэcosysteme важно, прежде всего, поддержание постоянного баланса в структуре землепользования между природными и искусственно созданными агрофитоценозами с высоким биоразнообразием медоносных растений. Из-за постоянного роста цен на сельскохозяйственные земли интегрированные в агроэcosysteme медоносные растения должны быть двойного назначения – кормовые и пищевые. Умеренное присутствие бобовых трав в травостое культурных пастбищ и сенокосов позволит уменьшить риск поражения трав болезнями и увеличить питательную ценность кормов, а также привлечь в агроландшафт насекомых-опылителей.

Список литературы

1. Гаева Д.В., Баринова Г.М. Геоэкологические условия производства продукции пчеловодства в Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 1. С. 13–20.
2. Сухова А.А. Растительность (карта) // Географический атлас Калининградской области. Калининград, 2002. С. 58–59.
3. Склановска К. Нектаропродуктивность лесной и болотной растительности // Медоносная флора-основа пчеловодства : труды Международного симпозиума по вопросам медоносной флоры (14–18 сентября, 1976, Будапешт). Бухарест, 1977. С. 213–215.
4. Калининградская область: природные ресурсы / В.М. Литвин, Г.Н. Ельцина, В.П. Дедков. Калининград, 1999.
5. Кашина Г.В. Эколого-токсикологические основы системы защиты медоносных пчел от болезней и вредителей : дис. ... д-ра биол. наук. М., 2009.
6. Романенкова С.А. Экологические условия формирования урожайности заливных лугов реки Деймы : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2008.
7. Allsopp M. H., Lange W. J. de. Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement // PLOS ONE Journal. 2008. N 3 (9). URL: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0003128#pone-0003128-t003> (дата обращения: 18.10.2014).



8. *An introductory guide to valuing ecosystem services* Department for Environment // Food and Rural Affairs. L. 2007. URL: http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/economics/pdf/valuing_ecosystems.pdf (дата обращения: 25.11.2014).
9. *Banaszak J. Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape* // Agriculture, Ecosystems & Environment/Biotic Diversity in Agroecosystems. 1992. Vol. 40, Iss. 1–4. P. 179–192.
10. *Bürger C. Die Bedeutung der Landschaftsstruktur für die Bienendiversität und Bestäubung auf unterschiedlichen räumlichen Skalen : Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades. Göttingen, 2004.*
11. *Decourtye A., Mader E., Desneux N. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems* // Apidologie. 2010. No 41. P. 264–277.
12. *Groot R., Brander L, Ploeg S van der. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units* // Ecosystem Services. 2012. P. 50–61.
13. *Granek E. F., Polasky S., Kappel C. V. et al. Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management* // Conservation Biology. 2009. No 24(1). P. 207–219.
14. *Garibaldi L.A., Steffan-Dewenter L, Winfree R., Aizen M. A. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance* // Science. 2013. Vol. 339, No. 6127. P. 1608–1611.
15. *Menzel A., Sparks T.H. European phenological response to climate change matches the warming pattern* // Global Change Biology. 2006. Vol. 12, Iss. 10. P. 1969–1976.
16. *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Washington, 2005.*
17. *Nelson E. J., Kareiva P., Ruckelshaus M., Arkema K. Climate change's impact on key ecosystem services and the human well-being they support in the US* // Frontiers in Ecology and the Environment. Vol. 11, Iss. 9. URL: <http://www.esajournals.org/doi/full/10.1890/120312> (дата обращения: 25.11.2014).
18. *Swinton M., Lupi F., Robertson P., Hamilton S. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits* // Ecological Economics. 2007. No 64. P. 245–252.
19. *Portman M. E. Ecosystem services in practice: Challenges to real world implementation of ecosystem services across multiple landscapes – A critical review* // Applied Geography. 2013. No 45. P. 185–192.
20. *Pautasso M., Dehnen-Schmutz K. Plant health and global change – some implications for landscape management* // Biol. Rev. 2010. Vol. 85. P. 729–755.
21. *Veriankaitė L., Šaulienė I., Bukantis A. Analysis of changes in flowering phases and airborne pollen dispersion of the genus Betula (birch)* // Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. 2010. No 18(2). P. 137–144.
22. *Калининградская область – один из лидеров России по урожайности зерновых и рапса.* URL: <https://gov39.ru/news/101/74916/http://agro-bursa.ru/prices/raps/06-10-2014>(дата обращения: 25.11.2014).

Об авторе

Дара Владимировна Гаева – ассист., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: daragaewa@rambler.ru

About the author

Dara Gaeva, Lecturer, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: daragaewa@rambler.ru