ДЕТСКИЙ ВОПРОС. ВЗРОСЛЫЙ ОТВЕТ.

Когда падают листья

О природе, времени и тайне листопада



Василь Пиксель

Василь Пиксель

Когда падают листья

«Автор»
2026

Пиксель В.

Когда падают листья / В. Пиксель — «Автор», 2026

Каждую осень деревья сбрасывают листья. Но откуда они знают, что пришло время? Кто сообщает листу, что пора отделиться от ветви?За привычным осенним явлением скрывается удивительно сложная система. Продолжительность дня, температура, растительные гормоны, изменение окраски, возвращение питательных веществ и особые клетки, благодаря которым лист отделяется от дерева.Эта книга исследует листопад с точки зрения современной биологии, объясняет, почему разные деревья теряют листья в разное время и почему некоторые сохраняют сухую листву даже зимой.Но за научными ответами возникает новый вопрос: что вообще означает «знать» и «принимать решение» для живого организма, который не мыслит как человек?Книга о природе, времени и удивительных механизмах жизни, которые мы редко замечаем.

© Пиксель В., 2026
© Автор, 2026

Содержание

Пролог. Откуда лист знает? 5
1. Временный орган 7
2. Календарь без дат 9
3. Цена зелёного дня 11
4. Разобрать, чтобы сохранить 13
Конец ознакомительного фрагмента. 15

Василь Пиксель
Когда падают листья

Пролог. Откуда лист знает?

Есть вопросы, которые взрослые почему-то перестают задавать.

Почему небо синее? Почему птицы знают, куда лететь? Почему дерево зимой стоит голое, а весной снова становится зелёным?

И ещё один, почти смешной своей простотой:

Почему осенью листья падают с деревьев?

Обычный ответ приходит быстро: потому что наступает осень.

Но «осень» – это название времени года, а не механизм. Можно ответить иначе: становится холодно. Тогда возникает следующий вопрос. Почему многие листья начинают меняться ещё в тёплые дни? Почему один клён уже красный, а стоящий рядом всё ещё почти летний? Почему часть листьев падает после первого ветра, а часть выдерживает дождь, холод и несколько недель ноябрьского воздуха?

И наконец появляется вопрос, ради которого написана эта книга:

Откуда лист знает, что пора оторваться?

Если долго смотреть на дерево в сентябре, легко вообразить, что внутри него есть календарь. Будто листья считают рассветы, сравнивают длину теней, чувствуют холодную ночь и в какой-то момент принимают решение.

Лист не принимает решений так, как человек: не составляет мысленного плана, не считает календарные дни и не представляет себе будущую зиму. Позже нам придётся уточнить, что вообще означает слово «решение» применительно к живой системе.

При этом оно действительно умеет измерять мир.

Живое дерево непрерывно отвечает на свет, температуру, воду, состояние почвы, собственные запасы, возраст тканей и сигналы, проходящие между клетками. Оно не знает дату, но чувствует изменение условий. Оно не знает слова «зима», но его физиология сформировалась в мире, где после определённого сочетания света и холода зима приходила снова и снова.

Листопад поэтому начинается не с падения.

К тому моменту, когда лист медленно кружится в воздухе, многое уже произошло. У многих деревьев фотосинтетический аппарат начал разбираться, часть азота, фосфора и других ценных компонентов была возвращена в многолетние ткани, хлорофилл разрушился по контролируемому пути. У основания черешка ткани приобрели способность отделиться, а сторона ветви подготовилась закрыть будущий разрыв. Однако сроки этих процессов у разных видов не совпадают: некоторые листья сохраняют зелёный цвет и фотосинтез почти до готовности зоны отделения.

Ветер может оказаться последним движением. Но он редко является настоящей причиной.

Самое удивительное происходит раньше: дерево само готовит возможность расставания.

Это книга о том, как оно это делает.

О свете, который становится часами. О зелёном пигменте, который нельзя просто бросить разрушаться как попало. О клетках, умеющих разобрать часть собственного внутреннего устройства. О гормонах, которые не обладают намерением, но меняют чувствительность тканей. О крошечной зоне в несколько слоёв клеток, где целая ветвь будущих событий сводится к одному тихому разрыву.

И ещё эта книга о том, почему нам так хочется увидеть в этом человеческий смысл.

Наука не требует лишать мир красоты. Напротив, точность иногда делает его гораздо удивительнее. Можно сказать: «дерево отпускает лист». Это красивая метафора. Но за ней существует реальный процесс, гораздо тоньше, чем метафора. Дерево не переживает расставание, однако оно умеет прекращать инвестиции, возвращать ресурсы, перестраивать ткани и закрывать границу между тем, что останется, и тем, что уйдёт.

Если смотреть достаточно близко, осень перестаёт быть временем, когда листья просто умирают.

Она становится временем управляемого перехода.

Лист падает за секунды. Готовится – неделями.

Часть

I

. До того, как лист пожелтеет

1. Временный орган

Весной лист выглядит как обещание постоянства. Он появляется из почки, разворачивается, набирает площадь, темнеет, становится частью общей зелёной поверхности кроны. Через несколько недель уже трудно представить ветвь без него.

Но лист с самого начала временный.

Для дерева он одновременно солнечная панель, газообменная поверхность, испарительный аппарат и сложная биохимическая фабрика. Через устьица он получает углекислый газ и выпускает водяной пар. В хлоропластах энергия света используется для построения органических молекул. По проводящим тканям к листу приходит вода с растворёнными веществами, а продукты фотосинтеза включаются в обмен всего растения.

Эта работа имеет цену.

Чтобы поддерживать лист, дерево должно снабжать его водой, защищать ткани, ремонтировать повреждения, обновлять белки фотосинтетического аппарата и удерживать сложную структуру, постоянно работающую на границе двух сред – внутренней водной системы растения и относительно сухого воздуха.

Пока выгода выше расходов, лист имеет смысл.

В этом месте возникает соблазн представить дерево бухгалтером, который считает доходы каждого листа. Такого расчёта, конечно, нет. Но эволюция способна создавать системы, поведение которых выглядит экономным без всякого сознательного счёта. Генетическая программа, гормональные сигналы, доступность воды и света, возраст ткани и сезонные изменения вместе приводят к одному результату: растение меняет отношение к органу, когда условия меняются.

Для многих деревьев умеренной зоны широкие тонкие листья выгодны летом и рискованны зимой. Они теряют воду, легко повреждаются морозом и создают огромную поверхность, на которую ложатся снег и ледяной дождь. Их сосудистая система должна работать в условиях, когда вода в почве становится менее доступной, а процессы замерзания и оттаивания создают дополнительные риски для транспорта воды.

Есть и другой путь – сделать листья долговечными, плотными, защищёнными, часто меньшими по площади.[1] Так живут многие вечнозелёные растения. Их стратегия не «лучше». Она просто по-другому распределяет цену строительства и срок службы.

У листопадных деревьев закрепилась иная стратегия: быстро построить эффективный лист, использовать его в благоприятный сезон, а затем отказаться от него до того, как содержание станет слишком дорогим или рискованным.

Поэтому осенний листопад нельзя свести к тому, что листья «не выдержали холода». В здоровом дереве падение часто является частью нормального жизненного цикла. Орган не обязательно ломается. Его срок заканчивается.

Различие принципиально. При повреждении система теряет функцию из-за травмы. При сенесценции и последующей абсциссии растение заранее перестраивает обмен и ткани. Внешний итог может выглядеть одинаково – зелёного листа больше нет, – но физиологический путь совершенно другой.

Лист живёт не сам по себе. Его судьба определяется местом в целом организме.

И чтобы понять, почему он однажды падает, сначала нужно увидеть дерево не как ствол с прикреплёнными листьями, а как систему распределения ресурсов во времени.

У временности листа есть ещё один важный смысл. Он расположен на самой опасной границе растения – между влажным внутренним миром и атмосферой. Чтобы получить угле-

[1] Wright I. J. et al. The worldwide leaf economics spectrum. Nature 428, 821-827 (2004). doi:10.1038/nature02403.

кислый газ, лист открывает устьица. Но через те же отверстия вода уходит наружу. Каждый час фотосинтеза поэтому связан с водным риском.

Летом этот риск оправдан. Поток воды от корней к листьям приносит минеральные вещества, поддерживает охлаждение испарением и позволяет устьицам оставаться открытыми. Зимой тот же механизм становится гораздо менее надёжным. Холодная почва ограничивает движение воды, а мороз может создавать воздушные пузырьки в проводящих элементах. Тонкая широкая пластинка, идеальная для летнего света, превращается в сложный объект для обслуживания.

Важно и то, что лист не является отдельным производителем, который складывает сделанный сахар в собственный карман. В физиологии растений говорят об источниках и потребителях. Зрелый фотосинтезирующий лист обычно выступает источником углерода. Растущая почка, корень, плод или молодой лист могут быть потребителями. Потоки постоянно меняются. Молодой лист сначала сам зависит от ресурсов других органов, затем разворачивается и становится донором.

Так судьба листа с самого начала связана с его положением в общей сети. Он строится за счёт дерева, работает на дерево и в конце разбирается деревом.

Это помогает снять ещё одну человеческую иллюзию. Мы видим чёткие границы органа и легко приписываем ему отдельную биографию. Для растения границы более функциональны. Пока есть проводящая связь и обмен, лист включён в общее целое. Когда обмен перестраивается, его роль меняется раньше, чем меняется внешний вид.

2. Календарь без дат

В конце августа день может быть почти таким же тёплым, как в июле. Человек выходит на улицу в футболке и не чувствует никакой осени. Но дерево получает сигнал, который невозможно отменить тёплым полднем: световой день становится короче.

Продолжительность дня – один из самых надёжных сезонных признаков. Температура скачет. Дождь приходит и исчезает. Отдельная неделя может быть аномально тёплой или холодной. А движение Земли вокруг Солнца каждый год меняет длину дня предсказуемым образом.

Растения умеют воспринимать свет не только как энергию для фотосинтеза, но и как информацию. Фоторецепторы реагируют на разные диапазоны спектра и помогают регулировать рост, развитие, покой и сезонные переходы.[2] Внутренние суточные часы сопоставляют световые сигналы со временем суток. На этой основе растение получает не календарную дату, а физиологический контекст: день становится короче, ночи длиннее, энергетическая и температурная среда смещается.

Но универсальной кнопки «листопад» не существует.

У разных видов деревьев и даже у разных популяций одного вида чувствительность к фотопериоду и температуре различается. На высоких широтах сокращение дня нередко сильнее ограничивает позднее продление сезона, тогда как на более низких широтах температура может заметнее сдвигать сроки сенесценции. Но это не универсальное правило для каждого дерева: на время влияют засуха, питание, здоровье растения, история лета и положение листа в кроне.

Поэтому у вопроса «что запускает осень в дереве?» нет единственного ответа.

Сезонный переход складывается из нескольких сигналов сразу.

Представим два одинаковых листа на одной ветке. Один хорошо освещён, другой большую часть дня находится в тени. Первый продолжает приносить больше фотосинтетической отдачи. Второй может раньше стать кандидатом на разбор. Если дерево пережило засуху, часть листьев может быть сброшена раньше как способ уменьшить испаряющую поверхность. Если осень тёплая, некоторые виды дольше сохраняют зелёный полог. Если пришёл сильный ранний мороз, процесс может оборваться грубее, чем при плавной сенесценции.

То есть дерево не получает приказ снаружи. Оно интегрирует состояние среды и собственное состояние.

Так устроены многие биологические переходы: их определяет не одна причина, а сеть сигналов, порогов чувствительности и обратных связей.

Когда мы говорим, что дерево «понимает, что пора», мы описываем результат этой сети простым человеческим глаголом.

В буквальном смысле дерево ничего не понимает.

Но это не означает пассивности к среде.

Световая длительность, холодные ночи, накопленная история сезона, водный режим и внутренние сигналы постепенно сдвигают систему в другое состояние. Лето ещё может быть видно глазами, но дерево уже перестраивает физиологию.

Так начинается осень до того, как мы называем её осенью.

---

[2] Maurya J. P., Bhalerao R. P. Photoperiod- and temperature-mediated control of growth cessation and dormancy in trees: a molecular perspective. Annals of Botany 120, 351–360 (2017). doi:10.1093/aob/mcx061. PMCID: PMC5591416. Singh R. K., Svystun T., AlDahmash B., Jönsson A. M., Bhalerao R. P. Photoperiod- and temperature-mediated control of phenology in trees – a molecular perspective. New Phytologist 213, 511–524 (2017). doi:10.1111/nph.14346. Эти работы рассматривают в первую очередь сезонное управление ростом и покоем деревьев, а не все механизмы листопада.

Фотопериод особенно интересен тем, что он не сообщает растению о погоде. Он сообщает о геометрии сезона. Длина дня сегодня почти не зависит от того, выдалась неделя тёплой или холодной. Поэтому световой сигнал может работать как страховка от погодных обманов.

Но даже этот надёжный сигнал не одинаково важен для всех. В северных популяциях некоторых древесных видов генетически закреплена более строгая чувствительность к сокращению дня. Это понятно: цена слишком позднего роста высока. Молодые ткани, не успевшие подготовиться к морозу, могут погибнуть. В южных популяциях того же или близкого вида допустимое окно дольше.

Получается, дерево реагирует не только на сегодняшний день: его наследуемая чувствительность к сезонным сигналам формировалась на протяжении многих поколений. Естественный отбор чаще сохранял варианты, лучше согласованные с местными сезонными рисками.

Сейчас эти сезонные системы работают в климате, где температура меняется быстрее, чем астрономический фотопериод. Поэтому сигналы, которые раньше чаще совпадали, могут расходиться: тёплая осень продлевает благоприятные условия, а длина дня продолжает уменьшаться по прежнему расписанию. У некоторых видов тепло способно заметно задерживать сенесценцию, у других фотопериод ограничивает эту пластичность сильнее. Резкий мороз после тёплого периода добавляет ещё один риск – сезон нельзя описать одной температурой.

Поэтому вопрос о том, как дерево определяет время, оказался не только красивым, но и практически важным. От него зависит, насколько леса смогут перестроить свой сезонный ритм в меняющемся мире.

Есть ещё одна тонкость: сезонное прекращение роста, формирование покоя и листовая сенесценция связаны, но не являются одним и тем же процессом. Исследования фотопериода у деревьев особенно хорошо раскрывают управление ростом и покоем, тогда как сроки осенней окраски и опадения добавляют собственные уровни регуляции. Поэтому «короткий день включает осень» – полезное упрощение, но не буквальная схема проводки дерева.

3. Цена зелёного дня

Чтобы понять, почему дерево так тщательно готовит лист к уходу, нужно сначала оценить, насколько дорог его зелёный цвет.

Хлорофилл кажется простой краской. Мы смотрим на лес и видим зелёное как фон. Для растения это часть сложнейшего светособирающего и фотохимического аппарата, встроенного в мембраны хлоропластов.

Хлорофилл поглощает свет определённых длин волн и передаёт энергию в реакции фотосинтеза. Но сам по себе пигмент не работает в пустоте. Он связан с белками, мембранными комплексами, переносчиками электронов, ферментами и системой постоянного ремонта. Фотосинтетический аппарат активен именно потому, что он сложен.

Большая доля азота листа находится в белках, связанных с фотосинтезом. Азот для растения ценен. Его получение из почвы зависит от доступности минеральных форм, работы корней, микроорганизмов, воды и множества химических условий. Фосфор тоже ограничивает рост во многих экосистемах. Бросить лист вместе со всем этим запасом было бы расточительно.

У листа нет фиксированной цены в граммах сахара. Его ценность меняется каждый день.

В июне длинный световой день, много солнечного света и активная корневая система делают большую листовую поверхность выгодной. Но ближе к зиме условия меняются сразу по нескольким направлениям.

Световой день сокращается. Солнце стоит ниже. Температура падает. Химические реакции замедляются. В холодной почве корням труднее поддерживать водный поток. При замерзании воды возникают дополнительные физические ограничения. Сам лист стареет и накапливает повреждения. Риск того, что тонкая пластинка станет источником потерь, растёт.

Можно сказать, что сезонная экономика смещается.

Но природа редко проводит чёткую границу. Нет утра, когда каждый лист вдруг становится «убыточным». Одни виды начинают сенесценцию при одном наборе условий, другие – при другом. Даже внутри одной кроны освещённость, температура и возраст листьев различаются.

Особенно наглядно это видно в годы необычной погоды. Тёплая осень способна задержать изменение окраски и листопад у многих видов.[3] Засуха, наоборот, может ускорить потерю части листьев. Но реакция не линейна: дерево, испытывающее сильный стресс, не всегда успевает полноценно вернуть питательные вещества из листьев в другие части дерева. Иногда раннее пожелтение – признак не аккуратной сезонной программы, а повреждения.

Одинаковый внешний цвет поэтому может иметь разную внутреннюю причину.

Жёлтый лист в октябре и жёлтый лист в июле похожи для глаза, но физиологически могут быть противоположными историями. Первый часто проходит нормальную сенесценцию. Второй может сообщать о нехватке питания, болезни, затоплении, засухе, повреждении корней или другом нарушении.

Именно поэтому листопад интереснее бытового объяснения «пришёл холод – листья замёрзли». Большая часть красивой осенней картины возникает не из внезапной смерти, а из управляемого старения ткани.

Сенесценция – это следующий этап нашего пути.

Пока лист зелёный, дерево инвестирует в его работу.

Когда сезон меняется, дерево постепенно переводит его из режима производства в режим разборки.

---

[3] Gill A. L. et al. Changes in autumn senescence in northern hemisphere deciduous trees: a meta-analysis of autumn phenology studies. Annals of Botany 116, 875–888 (2015). doi:10.1093/aob/mcv055. PMCID: PMC4640124.

У некоторых растений сезон неблагоприятных условий связан не с морозом, а с засухой. В сезонно сухих тропиках листопад может происходить перед сухим периодом. Причина та же на более общем уровне: широкая фотосинтетическая поверхность становится слишком рискованной при недостатке воды.

Листопад вообще не является синонимом осени.

Деревья теряют листья в ответ на разные сезонные ограничения. Где-то главная угроза – холод и замерзание, где-то – месяцы почти без дождя, где-то – сочетание факторов. Общий физиологический смысл сходен: временный орган перестаёт оправдывать затраты и риски его дальнейшего удержания.

Именно поэтому нельзя определить «правильную» дату листопада без вида и места. Берёза в северной тайге, городской клён в Центральной Европе и сухосезонное дерево саванны живут в разных календарях.

Даже в умеренном городе отдельное дерево получает собственный микроклимат. Асфальт и здания меняют теплообмен, стены – движение воздуха, искусственное освещение – ночной световой режим, а водоснабжение корней зависит от объёма и уплотнения почвы. Поэтому городская осень способна заметно расходиться с лесной на расстоянии всего нескольких километров.

Вместо универсального «пора» существует локальное окно, внутри которого растение балансирует выгоду дополнительной работы и риск слишком позднего завершения.

Мы привыкли думать, будто у каждого события в природе есть правильная минута. У листопадного дерева такой минуты нет. Есть интервал возможностей, ограничения и риск запоздать. Слишком раннее прекращение фотосинтеза сокращает поступление углерода. Слишком позднее удержание уязвимой кроны может встретить мороз или недостаток воды. Но оба риска не сводятся к одному числу: дерево существует в изменчивой среде, а не на таблице идеальных условий.

Слово «окупается» здесь полезно и опасно. Полезно, потому что заставляет видеть затраты на построение и обслуживание листа вместе с выгодой от его работы. Опасно, потому что у него есть невидимый хозяин – воображаемый бухгалтер. Никакой лист не получает отчёта о прибыли, и дерево не сравнивает два варианта, как человек перед покупкой. Мы описываем результат эволюционно сформировавшейся регуляции, а не сознательное решение.

Можно проверить силу этой метафоры на простом возражении. Если удерживать листья дольше иногда выгодно, почему не удерживать их всегда? Потому что «выгодно» не означает «выгодно при любых условиях». Долговечный лист обычно требует иной конструкции, иной защиты, иного распределения ресурсов. То, что хорошо работает у хвойного дерева, не является бесплатной модификацией тонкого широкого листа клёна. И наоборот: быстрый сезонный оборот не означает, что вечнозелёное растение выбрало ошибочную стратегию.

Так появляется первый ответ на вопрос о времени: «пора» возникает не из календарной даты, а из пересечения истории вида, состояния органа и условий среды. Внешнее слово короткое. Биологическая ситуация многомерна.

Часть II. Невидимая работа ухода

4. Разобрать, чтобы сохранить

Слово «старение» часто звучит как пассивный упадок. Что-то изнашивается, портится, теряет функции. У растения сенесценция действительно связана с уменьшением фотосинтеза и разрушением клеточных структур, но свести её к распаду было бы ошибкой.

Листовая сенесценция – регулируемый этап развития.

Клетка не просто перестаёт справляться. Она переключает программы экспрессии генов.[4] Одни белки перестают синтезироваться, другие, наоборот, появляются именно в стареющей ткани. Меняется работа ферментов, транспорт веществ, состояние хлоропластов и обмен азота. Органеллы разбираются не одновременно и не случайно.

Особенно важны хлоропласты. Пока лист молод и активен, они занимают центральное место в его энергетике. В стареющем листе фотосинтетический аппарат постепенно демонтируется, а богатые азотом белки становятся источником вещества для перераспределения.

Такой демонтаж требует контроля.

Хлорофилл прекрасно взаимодействует со светом, пока встроен в функционирующую систему. Но свободные промежуточные продукты его распада могут быть фототоксичными: под действием света они способны способствовать образованию активных форм кислорода и повреждать ткани. Поэтому разрушение хлорофилла идёт по контролируемому биохимическому пути, превращая его в менее опасные соединения.

Даже исчезновение зелёного цвета оказывается не простым выцветанием.

Сенесценция напоминает демонтаж сложного здания, в котором электричество ещё включено. Нельзя просто выбить стены. Нужно последовательно отключать системы, уносить ценное, обезвреживать то, что при неаккуратном разрушении станет опасным.

При этом клетка какое-то время остаётся живой именно для того, чтобы завершить собственную разборку.

В этом и состоит особенность стареющего листа: чтобы завершить жизнь как орган, он ещё некоторое время должен оставаться метаболически активным.

На уровне растения такой процесс имеет очевидный смысл. Дерево многолетнее. Лист может прожить несколько месяцев, а ствол, ветви, корни и почки продолжают существовать годами и десятилетиями. То, что заканчивается в одном месте, может быть использовано в другом.

Поэтому сенесценция – не поражение листа и не победа дерева. Это переход между уровнями организации.

Отдельный орган теряет автономную функцию, чтобы целый организм сохранил устойчивость.

В этом нет намерения. Но есть очень точная биологическая логика.

Один из самых дорогих белков листа – фермент Rubisco, участвующий в фиксации углекислого газа. В листьях С3-растений, к которым относится огромное число деревьев умеренной зоны, его настолько много, что он становится крупным резервуаром азота. Когда фотосинтетическая система демонтируется, такой белковый запас нельзя игнорировать.

Но разобрать белок мало. Получившиеся аминокислоты и азотсодержащие соединения нужно безопасно обработать, загрузить в транспортные пути и доставить в органы хранения. Стареющий лист поэтому остаётся частью логистической сети до самого конца.

Если осенью сорвать зелёный лист и жёлтый лист одного вида и сравнить их химический состав, окажется, что различие не сводится к пигментам.

---

[4] Guo Y., Ren G., Zhang K., Li Z., Miao Y., Guo H. Leaf senescence: progression, regulation, and application. Molecular Horticulture 1, 5 (2021). doi:10.1186/s43897-021-00006-9.

В стареющем листе уменьшается содержание части питательных элементов и белков. Особенно важна ресорбция азота и фосфора.[5] Эти элементы нужны для нуклеиновых кислот, мембран, белков, энергетического обмена и нового роста. Их выгоднее сохранить внутри многолетнего растения, чем каждый год заново получать из почвы.

Белки листа расщепляются. Азот переводится в транспортируемые формы и выводится через проводящую систему. Фосфор высвобождается из разных клеточных соединений и также может быть перенесён. Вещества направляются в ветви, ствол, корни и другие органы хранения.

Весной эти резервы помогают поддержать рост раньше, чем новая листовая система полностью развернётся.

В этом смысле осень уже содержит часть будущей весны.

Однако дерево не высасывает лист досуха. Полная ресорбция практически недостижима и была бы не обязательно выгодна. В тканях остаются структурные вещества и часть минеральных элементов. После листопада они войдут в другое звено круговорота – подстилку, почву, тела грибов, бактерий и беспозвоночных.

[5] Maillard A. et al. Leaf mineral nutrient remobilization during leaf senescence and modulation by nutrient deficiency. Frontiers in Plant Science 6:317 (2015). doi:10.3389/fpls.2015.00317.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.