

КАРБОНОВЫЙ ВЕКТОР

ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ЭКОНОМИКИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА



Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Институт экономики КарНЦ РАН
Институт биологии КарНЦ РАН
Институт леса КарНЦ РАН

КАРБОНОВЫЙ ВЕКТОР ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Петрозаводск
2023

УДК 332.36:111+ 631.417.1+631.147

ББК 65.32-5

К21

Авторский коллектив:

Н. В. Геникова, И. А. Дубровина, А. Ю. Карпечко, Л. М. Кулакова,
А. В. Мамай, М. В. Медведева, Е. В. Мошкина, В. А. Сидорова,
О. В. Толстогузов, А. В. Туонен

Научный редактор:

О. В. Толстогузов, канд. физ.-матем. наук, докт. экономич. наук

Рецензенты:

Т. В. Ускова, докт. экономич. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
заместитель директора Вологодского научного центра РАН

П. В. Дружинин, докт. экономич. наук, доцент,
член правления Российского общества экологической экономики,
руководитель отдела Института экономики КарНЦ РАН

*Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ
(грант № 19 29 05153) и государственных заданий ФИЦ КарНЦ РАН*

Карбоновый вектор онтологической модели экономики землеустрой-
К21 **ства** : [монография] / Н. В. Геникова, И. А. Дубровина, А. Ю. Карпечко [и др.],
научный редактор О. В. Толстогузов; Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»; Институт экономики
КарНЦ РАН; Институт биологии КарНЦ РАН; Институт леса КарНЦ РАН. –
Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. – 276 с. Библиография: с. 246–274.

ISBN 978-5-9274-0959-4

В монографии рассмотрена системная парадигма карбонового земледелия и предложены альтернативные подходы к монетизации экосистемного сервиса. В результате научного исследования разработана модель экономической оценки изменения режима землепользования на основе баланса углерода в экосистемах и оптимальной стратегии деятельности экономического агента. Для верификации модели изучен углеродный след в биогеоценозах при разных режимах землепользования, изучены трансформация цикла углерода и структура его экосистемных запасов. Авторский коллектив научной монографии всесторонне, от философского до информационного смыслов, представил и раскрыл сущность феномена карбоновый вектор онтологической модели экономики землеустройства.

В процессе научного поиска авторы пришли к утверждению, что оптимальный с точки зрения экономики и справедливый с точки зрения общества метод монетизации природного капитала и услуг земли опирается исключительно на монетизацию институционального капитала.

УДК 332.36:111+ 631.417.1+631.147

ББК 65.32-5

ISBN 978-5-9274-0959-4

doi: 10.17076/m-ec-carbvec23

© Институт экономики КарНЦ РАН, 2023

© Институт биологии КарНЦ РАН, 2023

© Институт леса КарНЦ РАН, 2023

© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2023

Содержание

Введение. Климатический нарратив и посткапиталистическая повестка	6
ЧАСТЬ 1. Парадигма карбонового земледелия в контексте новой инвестиционной реальности	20
1.1. Климатическая повестка и карбоновое земледелие	20
1.2. Междисциплинарный синтез эколого-экономических представлений	27
1.3. Системная парадигма карбонового земледелия	50
Выводы к части 1	64
ЧАСТЬ 2. Влияние режима землепользования на свойства почв и структуру экосистемных запасов углерода	67
2.1. Объекты и методы исследования	68
2.1.1. Характеристика ключевых участков	68
2.1.2. Методы исследования	70
2.2. Почвы и растительный покров	75
2.2.1. Морфологическое строение и агрохимическая характеристика почв	75
2.2.2. Микробиологические показатели почв	78
2.2.3. Характеристика древостоев	83
2.2.4. Видовой состав и структура живого напочвенного покрова	85

2.3. Пулы и потоки углерода при разных режимах землепользования	88
2.3.1. Структура запасов почвенного углерода	88
2.3.2. Общий углеродный бюджет землепользований	94
2.3.3. Биогеохимические потоки углерода в землепользованиях	97
2.4. Комплексный анализ исследованных показателей	100
Выводы к части 2	108
ЧАСТЬ 3. Ключ к карбоновому землеустройству: институциональная, математическая и онтологическая модели	110
3.1. Экономико-институциональный анализ ценообразования в ресурсоемких рынках	111
3.1.1. Экономико-институциональный анализ факторов ценообразования	112
3.1.2. Анализ связи экологических и финансовых показателей ресурсоемких предприятий при экологическом инвестировании	122
3.1.3. Институциональный капитал переформатирования землеустройства в новую инвестиционную реальность	129
3.2. Моделирование монетизации экосистемных услуг и оценка влияния рисков	135
3.2.1. Типология подходов к моделированию монетизации землепользования	135
3.2.2. Математическое и имитационное моделирование монетизации экосистемных услуг и эффективности деятельности агента	151
3.2.3. Постановка задачи оценки устойчивости инвестиционных решений при разных режимах землепользования	155
Оценка эффективности деятельности агента по среднеотраслевым показателям	156
Оценка влияния рисков в условиях карбоновой экономики	161
Оценка влияния рисков в условиях смены режимов землепользования	164
Оценка институционального дизайна регуляторов (на примере регионов СЗФО)	170

Выбор стратегии агентов в условиях карбонового режима (на основе имитационного моделирования)	179
3.3. К системе контроллинга и Онтологической модели карбонового землеустройства	191
3.3.1. Манифест «левой» повестки	192
3.3.2. Организационная модель взаимосвязи когнитивных функций с управленческими	197
3.3.3. Схема встраивания алгоритмов монетизации экосистемных услуг в интеллектуальную систему управления	207
3.3.4. Алгоритмизация накопления институционального капитала ..	215
Выводы к части 3	221
Заключение	227
Приложение	235
Литература	246
Краткие сведения об авторах	275

Введение

КЛИМАТИЧЕСКИЙ НАРРАТИВ И ПОСТКАПИТАЛИСТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА

Мировая экономика активно готовится к новому порядку торговли, вводя критерий низкоуглеродности. В качестве целей обозначены обеспечение как продовольственной безопасности, так и функционирования наземных систем, причем подразумевая поддержание качества окружающей среды и устойчивое развитие общества. Однако за климатическим нарративом отчетливо видится его изнанка, а точнее причина – серьезный системный экономический кризис, с одной стороны, снизивший глубину прогноза, с другой – резко увеличивший инвестиционные и прочие риски. Модернистская картина мира постепенно сходит с публичной арены, разрушая структуру социальных отношений, выстроенных ранее, а попутно ломая и механику планирования! Как тогда учитывать климатические, инвестиционные, геополитические и иные риски? Очевидно, что в нынешних турбулентных условиях и в преддверии зеленой экономики, чтобы увеличить приток и снизить бегство инвесторов, необходимо сделать две вещи:

- первое – запустить хоть какой-то механизм эффективного управления (и планирования) экономической и социальной практикой в новых условиях;
- второе – создать понятную действенную перспективу в современных вызовах и современных системных рисках, не забывая при этом, что надо смотреть на длинные тенденции и инвестировать свои ресурсы, в том числе интеллектуальные, политические, финансовые в наиболее перспективные (?) направления, выдерживая конкуренцию с короткими циклами (!).

Действительно человечество в настоящее время сталкивается с долгосрочными угрозами его устойчивости. В частности, рассмотрим контексты продовольственной и экологической безопасности и угрозы, вызванные как глобальным изменением климата, так и стремительной модернизацией экономики по техногенному сценарию.

Известная экологическая функция Кузнеца показывает зависимость деградации окружающей среды от доходов: т. е. при росте доходов уровень деградации окружающей среды сначала растет, а затем, при достижении определенного значения доходов, снижается. Сравнение тенденции роста валового мирового продукта за последние пятьдесят лет (увеличение более чем в сто раз) и последствий, измеренных в контексте «устойчивого развития», говорит о явном когнитивном диссонансе: т. е. до сих пор сохраняется линейная тенденция в экологической функции. Данный тренд ведет к тому, что человек просто через некоторое время израсходует жизненный ресурс планеты.

Поэтому понятно, почему климатическая повестка предлагает вектор движения в сторону низкоуглеродной экономики и бережного отношения к природным богатствам путем снижения ресурсоемкости производимой продукции. Важным аспектом рационального природопользования и землепользования является установление гармонии между экономическим развитием и состоянием окружающей среды, в частности, вопрос о том, может ли развитие быть осуществимо без деградации природной составляющей и введением разного рода ограничений и сокращением национальных выбросов парниковых газов, в первую очередь CO_2 .

Данный императив стимулирует исследователей искать научные основания для подготовки ответа на карбоновый вызов и, в частности, принятия научно обоснованного и легитимного решения в отношении режима землепользования и лесовосстановления, особенно в условиях ESG¹-инвестирования, причем подразумевая и поддержание качества окружающей среды, и устойчивое развитие общества [1], поскольку потребление ресурсов продолжает расти [2]. Объемы

¹ Аббревиатура ESG расшифровывается как «ответственное отношение к окружающей среде (E – environment), социальная ответственность (S – social) и корпоративное управление (G – governance)».

использования природных ресурсов (воды, земель, лесов) в ближайшие полвека увеличатся в разы. Кроме того, безудержный экономический рост также стал причиной неустойчивости развития территорий [3, 4], одновременно порождая сомнения в самой возможности устойчивого экономического роста [5].

С одной стороны, суть соглашений по климату состоит в юридически обязывающем (вплоть до санкций) характере принятых обязательств по ограничению и сокращению национальных выбросов парниковых газов. В этом **внешнем контексте** предлагается рассматривать международные соглашения: Киотский протокол и Рамочную конвенцию ООН об изменении климата и сокращении выброса парниковых газов, а также региональные документы, например, стратегию «Европейский зеленый курс», в которой ЕС исходит из необходимости введения пограничных углеродных барьеров, предполагающих взимание дополнительных сборов на импортные товары, произведенные в странах с недопустимо низким уровнем климатического регулирования [6], исходя из обеспечения функционирования наземных систем (рекомендации Европейской комиссии [7]).

С другой стороны – в климатической повестке есть и **внутренний контекст** (или второй пласт, который не показывают общественности). Речь идет о перераспределении мирового богатства с помощью новых регуляторов, внедрение которых планируется поручить гигантским инвестиционным холдингам типа BlackRock, у которых и придется приобретать входной билет в «зеленую» мировую экономику.

Таким образом, карбоновая повестка немало способствует серьезной трансформации мировой экономики. Но при этом есть и более глубокая экономическая (точнее политэкономическая) причина, а именно, толчком углубления глобального экологического кризиса оказалась не экологическая тема как таковая, а сложившаяся современная (неолиберальная) система производственных отношений и производительных сил, формируемых под определяющим влиянием данных отношений [8]. Более того, когда производительные силы достигли планетарного масштаба, и геополитические решения (определяемые системой неолиберальных производственных отношений) ведут к катастрофам, экологическая проблема становится (и стала) фундаментальной [9].



Рис. 1.1. Посткапиталистическая развилка

Однако есть и второй путь – левый, альтернативный глобальной власти международных корпораций, вырабатываемый на основе суверенности национальных государств. При этом в сути механизма планирования очевидна разница либеральной и левой повесток – а именно в подходе к легитимности счета и оцениванию *реальных* рисков ожидаемой стоимости (капитала) (рис. 1.1). Эту разницу мы покажем в ходе настоящего исследования, тем самым вступая в борьбу за понимание, что есть что в вопросе создания и распределения экономических благ.

За климатическим экологическим нарративом скрывается прагматичная задача: «*Как при новом мировом порядке делить деньги?*». Капиталистическое производство в ходе эволюции не изменяет своей фундаментальной сущности, лишь меняя конкретно исторические формы, обусловленные контекстами социальных отношений и реальностью взаимодействия *базиса* и *надстройки*. Циклическое развитие системы воспроизводства общества при акцентировании на том или ином приоритете развития, тем не менее, по-прежнему основывается на товарно-денежных отношениях и законе воспроизводства капитала. Функционирование секторов производства, пусть даже в условиях существенного ограничения сырьевых, трудовых и иных ресурсов в рамках альтернативных экономических выборов все равно, тем не менее, осуществляется под давлением дефицита финансовых ресурсов (зависимого от скорости и иерархии структуры распределения финансовых итогов экономической деятельности среди бенефициаров). Поэтому экономические стратегии в таких секторах, как энергетика, сельское хозяйство, лесное хозяйство, а также стратегии

развития опорного каркаса (системы населенных пунктов, тесно сопряженных с режимом землепользования), как правило, не стимулируют и не укрепляют практику устойчивого развития [10].

Категории «базис» и «надстройка» взяты в политэкономическом смысле. Политическая надстройка может варьировать разными лозунгами: экологическим, устойчивым и т. д., но базис повернет все равно все в свою реальность.

Вот и поговорим об этой реальности. В том числе и о ст. 9 Конституции РФ.

Конституция РФ. Статья 9: 1. Земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. 2. Земля и другие природные ресурсы могут находиться в частной, государственной, муниципальной и иных формах собственности.

Как ее понимать и выполнять? Формально установлено равенство типов собственности на землю. А что происходит в реальной жизни? А в реальной жизни – конкуренция компетенций, борьба за реализуемые блага рынка, в соответствии с рыночными институтами, регуляторами рыночных отношений. И неожиданно выясняется, что конкуренция компетенций в сфере действия регуляторов на самом деле находится вне фокуса климатического дискурса.

Земля – это объект имущественных отношений, средство производства, но это и объект природы – основной элемент экологической системы, с которым связаны другие элементы – вода, недра и т. д. – и от состояния которой зависит состояние наземных экосистем. В отличие от гражданского права в земельном праве земля рассматривается как объект природы, хозяйствования и собственности. Правовая система земельных отношений базируется на основных положениях Конституции РФ, Земельного кодекса РФ, Градостроительного кодекса РФ, федеральных законов, регулирующих земельные, градостроительные, лесные и иные отношения, указов Президента РФ, постановлений Правительства РФ, ведомственных нормативных правовых актов, законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. В частности, землеустройство подчиняется установленным регионами правилам

землепользования и застройки, функциональных зон, применительно к которым утверждены градостроительные регламенты, генпланы, схемы территориального планирования. Так параметры разрешенного строительства или иного вида деятельности определяются градостроительными регламентами, схемами территориального планирования. В то же время существуют определенные правовые коллизии, которые так или иначе разрешаются: например, противоречия между сведениями государственных реестров и установления принадлежности земельного участка к определенной категории земель, возникающие при переводе земель или земельных участков из одной категории в другую, а также при решении вопросов аренды, передачи в концессию и т. д.

Однако помимо данных противоречий существуют фундаментальные проблемы, обнаруживаемые в рамках старого спора о справедливости производственных отношений. В соответствии со ст. 9 Конституции РФ «Земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в РФ как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Земля и другие природные ресурсы могут находиться в частной, государственной, муниципальной и иных формах собственности». И далее вступает в дело (по законам капитализма) конкуренция компетенций управления активами в допустимых (и даже недопустимых по антимонопольному законодательству) пределах адвокатирувания транзакций. При этом юридическую судьбу земли (и в целом природных ресурсов) определяет собственник актива без ограничения в своих действиях, поскольку ликвидность, причем короткого цикла – главный критерий эффективности его деятельности. Однако если внимательнее всмотримся в структуру производственных отношений, то упрямся в фундаментальные вопросы, касающиеся глобального распределения экономических благ и социальной справедливости.

Ликвидация социальной несправедливости и способ построения справедливого общества – есть цель, предпосланная трактатами многих великих мыслителей. А климатическая повестка – это не причина, а как раз повод обратиться к кардинальному вопросу справедливости в отношении *земли*.

На высшем уровне (Госсовет, поручения Президента РФ, парламентские слушания) актуализируется необходимость решения возникших

проблем, мешающих эффективному управлению хозяйственным оборотом и рациональному использованию земель. Среди них выделим следующие:

- отсутствие точной информации о составе и экономической структуре земель;
- недостаточность сведений об особенностях эволюции ряда категорий почв (например, оказавшихся в условиях постагрогенной трансформации);
- недоучет экономических (производственных, институциональных, социальных и т. д.) особенностей введения (и выведения) земель в хозяйственный оборот;
- игнорирование институциональных особенностей хозяйственного оборота земель в пространственном и временном разрезе;
- отсутствие точной оценки запаса и выброса CO_2 и соответствующей экологической оценки при существенном изменении режима использования земель;
- игнорирование влияния экономических циклов на эффективность транзакций, связанных с хозяйственным оборотом земель и эволюцией природных экосистем, в частности, флуктуации цен на продовольствие ведут к неточности в определении экономической (денежной) стоимости экосистемных услуг [11];
- игнорирование влияния свойств экономического пространства, играющих зачастую роль лимитирующего фактора в формировании благоприятной или неблагоприятной среды для коммерческой деятельности, связанной с имущественными (включая земельные) активами;
- игнорирование коэволюции природы и общества.

В этих условиях *фундаментальная задача* (в которой мы позиционируем себя как исследователи) заключается в понимании климатических рисков и определении в их контексте запасов углерода, потоков CO_2 , объема их секвестрирования. Эта работа включает в себя проведение сбора и анализа эмпирических данных, их теоретическое обобщение, моделирование свойств почв, а также типологизацию объектов (почв и ландшафтов) по критерию углеродного бюджета и операционализированных категорий.

Вторая фундаментальная задача связана с формированием подхода к справедливой оценке природного капитала, в основу которой положено фундаментальное понимание онтологии транзакций и интерфейса социальной и природной геосистем. Для этого требуется построить семантические конструкции и математические модели, адекватные сложности предполагаемых действий по управлению социальными и природными геосистемами и принятия соответствующего решения в отношении изменения режима землепользования. Дилемма расширения экономической деятельности с одновременной стабилизацией темпов использования ресурсов и одновременным уменьшением воздействия на окружающую среду представляет собой серьезный вызов обществу [12]. В то же время карбоновый вызов недостаточно исследован как в части понимания экономической ценности природного капитала и финансовых стимулов [13], так и в части продвижения знаний до уровня институтов и территорий [3]. Нет и единства в методологических подходах [14]. В настоящее время существует понимание того, что названная дилемма актуализирует необходимость формирования методологической основы устойчивого развития и экономического роста в новых условиях. В том числе обществу необходим новый статистический «компас» для измерения экономических явлений с точки зрения устойчивого развития [15].

Таким образом, необходим более совершенный методолого-методический подход, который позволил бы перейти к измерению устойчивого природопользования на основе адекватной оценки экосистемных услуг. Но есть и понимание того, что эффективность использования природных ресурсов определяется в контексте человеческого восприятия и, более того, изменяется в зависимости от *социального* контекста. Несмотря на разнообразие подходов, описывающих поведение эколого-экономических систем, их серьезными недостатками является невосприятие транзакции² как феномена, проявляющего себя в конкретной инвестиционной реальности. При

² Под *транзакцией* понимаем процесс перехода прав собственности, акт создания стоимости, обмен информацией, смену стадий деятельности в технологическом процессе, действия по поддержанию институциональных рамок, в которых осуществляется экономическая деятельность и т. д. [16].

этом минимизация транзакционных издержек составляет суть эффективности управленческих решений хозяйствующих субъектов, а также является условием для расширения их масштаба деятельности и реализации соответствующего инвестиционного решения.

Третья фундаментальная задача заключается в том, чтобы в условиях усиления геоэкономической конкуренции перевести экономическое хозяйство на новый уклад. Для этого нужно подготовить соответствующие научные основы, проанализировать условия эффективного накопления институционального капитала на основе активного использования интеллектуального потенциала. Ключевыми моментами становятся не только концентрация высоких технологий, но и усиление компетенций управления и эффективности институтов. Поэтому и борьба за доходы в карбоновой экономике начинается с обладания знаниями и борьбы за интеллект и компетенции, защищенные силой (правовой, экономической, политической и т. д.). В этой связи необходимо построить онтологические модели, которые позволят встроиться в измененную релятивистскую картину социального мира.

Современные вызовы и нестабильность экономического развития формируют новую управленческую ситуацию, которая требует интеллектуальную оптимизацию институционального дизайна управления региональным хозяйством, как на государственном уровне, так и уровне отдельных территорий, в том числе и вопросах землеустройства. В частности, для повышения возможности инициативно и самостоятельно менять институциональный дизайн регуляторов территории необходимо обеспечить геоэкономическую субъектность, предполагающую учет и нивелирование системных рисков (в том числе из-за внедрения новой инвестиционной реальности, тех же ESG-принципов).

Геоэкономическая субъектность – это не просто формальный ответ на вызов, а становление в качестве оператора (или сооператора) финансовых потоков в рамках нового порядка мировой торговли, в том числе на конкретных ресурсоемких рынках (земельном, сельскохозяйственной продукции, лесоматериалов).

Поскольку в фокусе внимания находятся транзакции, то в отличие от традиционного подхода, рассматривающего конкурентное ценообразование и на этом основании полагающего экстерналии внешней причиной по отношению к фирмам, к тому же не меняющей рыночной

структуры, здесь и далее предполагается, что экстерналии изменяют рыночную структуру и вызывают эндогенные механизмы, характерные для рыночной структуры чемберлинского типа. Поэтому в результате системотехнического проектирования (*результата решения третьей задачи*) для достижения геоэкономической субъектности должна происходить системная перестройка всей организационно-институциональной системы управления и формирование ее оптимальной структуры, адекватной современным системным рискам (рис. 1.2).

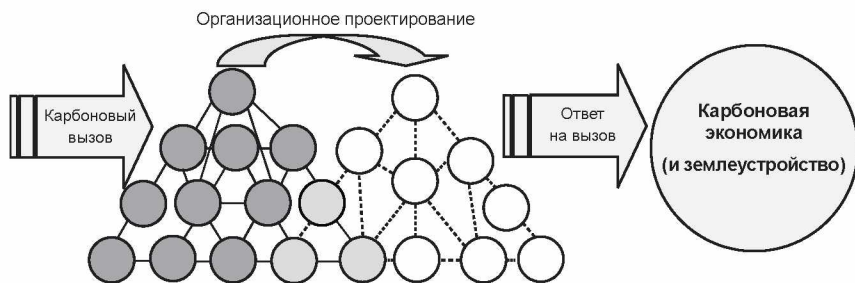


Рис. 1.2. Формирование оптимального дизайна эколого-экономических регуляторов в соответствии с новой инвестиционной реальностью

Системный риск – риск, при котором то или иное событие способно вызвать потерю доверия к системе управления и потерю экономических параметров (как, например, при ESG-инвестировании), сопутствующих росту существенной части финансовой системы, которая, в свою очередь, является настолько значительной, что может оказать неблагоприятное воздействие на реальный сектор экономики [17]. В финансовой сфере сложилось понимание риска как вероятности того, что *доход на сделанную инвестицию будет отличаться от ожидаемого*.

Европейский центральный банк (European Central Bank) рассматривает системный риск как риск наступления и распространения существенного системного события, которое негативно влияет на большее число системообразующих агентов и рынков [18]. В условиях нестабильной экономики категория *системный риск* стала более широким комплексным понятием, учитывающим также возможности и перспективы социальных региональных систем в направлении

стрессоустойчивости. Категория формируется на основе понимания эндогенных причин, в первую очередь баланса экстрактивных и инклюзивных институтов, институциональных и социальных укорененностей, стратегических взаимодействий агентов, а также способности системы управления принимать адекватные решения.

Согласно концепции Э. Гидденса [19], существующая институциональная среда задает унифицированные поведенческие стандарты, порождая тем самым коллективные риски. В этом смысле используется понятие «общество риска», в котором производство и распределение благ постоянно сопровождается общественным производством рисков [20]. Поэтому определим системный риск как вероятность дисфункции, являющейся следствием действия лимитирующего фактора, ведущего к отклонению социальной системы из равновесия и нарушения ее структуры или функций. При этом выявляются способность к адаптации к стрессам и ограничения социальной системы (и в первую очередь системы управления при ESG-инвестировании), вызванные, вероятно, во многом по причине несбалансированности региональной институциональной матрицы, определяющей (во многом) уровень и ареал компетенций системы.

Институциональная матрица – эмерджентная система регулирующих социальных институтов (как формальных, так и неформальных, включая институциональные и социальные укорененности), которые регулируют основные сферы общественной жизни и позволяют обществу как целостной системе реализовывать свойства самоорганизации и снижать неопределенность посредством установления стабильной (причем необязательно эффективной) структуры взаимодействия, минимизировать издержки процесса управления в условиях ограниченной информации и дефицита времени и компетенций.

На определенную (в региональном контексте) *институциональную матрицу* опирается вся система социальных отношений. В соответствии с ней и происходит распределение ресурсов, капитала и всех результатов экономического процесса. Поэтому в рамках новой постмодернистской рациональности, в объект анализа включаются не только экономические действия (производство, обмен, распределение, потребление), но также и транзакции, и влияющие на них социальные действия. Следовательно, системный риск должен

рассматриваться одновременно как макроэкономическое свойство социальной (экономической) системы, так и эндогенное (на микроэкономическом уровне).

Фундирование макро- и микроподходов осуществляется посредством мезоэкономического подхода в рамках задачи обеспечения фундаментального фактора капитализации – дисконтированной ожидаемой доходности коммерческого бренда, обеспеченной оптимистическими ожиданиями и условиями стратегических контрактов, минимизацией транзакционных издержек и нивелированием возникающих системных рисков. Поэтому сегодня особое внимание экспертов уделяется комплексному подходу к достижению целей устойчивого развития, призванному минимизировать *неэффективные* решения с учетом устранения *неэффективности институтов*.

В этой связи сегодня, помимо обеспечения капитализации коммерческого бренда, добавляется социальный регулятор, формирующий новые стандарты, в частности, карбоновый стандарт деятельности, основанный на новой рациональности. Инструментом данного регулятора выступает социальный бренд.

Под *социальным брендом* понимаем комплекс разных семантических, визуальных и иных конструкций социальных коммуникаций, способных создавать в обществе задаваемый и узнаваемый контекст и влиять на социальный климат. Социальный климат подчиняется регуляции, является итогом систематической работы институтов и организаций, государственной политики. В соответствии с климатической или иной повесткой обществу посредством механизма социальных брендов навязывается новый формат взаимодействий, когда структура социальных брендов становится приоритетной по отношению к производственной структуре экономики.

Так в ближайшем будущем в мировой торговле вводится «карбоновый» стандарт и соответствующий углеродный налог для импортных товаров, производство которых сопровождается выбросом парниковых газов. Такое производство имеется в каждом регионе, поэтому региону, заинтересованному в экспорте продукции, производимой из природных ресурсов на его территории, придется отрабатывать технологии контроля над производством и поглощением парниковых газов, в первую очередь CO₂, а также оценивать

системные риски, спровоцированные неопределенностью экономической жизни и турбулентностью мировой экономики и ее новыми стандартами.

При этом осуществляется, по сути, другая экономика и идет иной счет, поскольку предложение социальных брендов как общественных благ отличается от предложения коммерческих брендов (как частных благ). В частности, в связи с рассмотрением категории *системный риск* в рамках новой рациональности и мезоэкономического приближения необходимо различать понятия «устойчивость» и «резилентность» страны или региона.

Концепция устойчивости постулирует долгосрочную цивилизационную стратегию, сформулированную в виде целей устойчивого развития (ЦУР). В то же время хаотичное и стремительное нарастание изменений грозит не просто завтра, а уже сегодня серьезными испытаниями. Современная управленческая ситуация требует не просто адекватной реакции, но минимизации рисков, преодоления трудностей современного турбулентного рынка и восстановления траектории экономического роста после стресса (шока). Поэтому исследователи стали уделять внимание такому феномену, как *резилентность* или стрессоустойчивость (социальная и природная). Она определяется как способность сообщества противостоять стрессам и нарушениям, происходящим в результате социальных, климатических и иных изменений, не теряя способности самоорганизации и минимизации потерь, своевременно адаптируя свою структуру к рискам [21, 22] таким образом, что возмущение поглощается до того, как система выйдет из равновесия [23, 24].

При этом в рамках новой рациональности такая концепция устойчивости основана на гипотезе о том, что различные состояния системы предполагают различные равновесия. Предполагается, что эволюция (экологических и экономических) систем формируется путем «переключения» этих систем из одного состояния равновесия (или области стабильности) в другое [25]. Например, экологи считают, что изменения в большинстве территориальных систем не являются непрерывными и постепенными, а сопровождаются внезапной реорганизацией запасов ресурсов после длительного периода кажущейся стабильности, после некоторого экзогенного возмущения системы [26].

Системы (природные и социальные) характеризуются множеством локально стабильных равновесий, и мерой устойчивости системы в любой области локальной стабильности является степень потрясений, которые она может погасить, прежде чем перейдет в какую-либо другую область локальной стабильности [23, 24]. В рамках концепции резилентности экономических и природных систем примем следующие допущения:

- существуют локальные стабильности в контексте выбора обществом того или иного бренда и эволюционного ритма;
- существуют экзогенные возмущения (возникающие как следствия системных рисков и пространственных экстерналий);
- устойчивость относится к способности систем сохранять свою организационную структуру после отклонения некоторой переменной состояния от заданного значения [26], на основе баланса рисков и защитных факторов равновесия;
- существуют лимитирующие факторы, которые ограничивают адаптационные действия системы к стрессам;
- существует фактор неопределенности: резилентность в целом, а также ее отдельные составляющие, такие как пределы и эффективность адаптации к стрессам, зависят от степени неопределенности в отношении предвидения риска, баланса риска и защитного фактора (ресурса) состояния системы.

Таким образом, институциональная трансформация мировой экономики влияет на неопределенность будущего и увеличивает в целом системные риски, а климатический нарратив ставит задачу формирования методологической основы устойчивого развития и экономического роста в условиях современных рисков. Обществу необходим не просто более совершенный статистический «компас», чтобы сместить акцент измерения экономических явлений в сторону устойчивого развития [15]. Необходимо найти решение двух проблем устойчивости: функциональности (в углеродном измерении) почвенной системы, инвестиционной прогнозируемости сектора с *плохой* (с точки зрения финансистов) репутацией и неопределенным будущим в мире, поставившем декарбонизацию во главу угла.

Часть 1

ПАРАДИГМА КАРБОНОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КОНТЕКСТЕ НОВОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

1.1. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТКА И КАРБОНОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Объективной причиной климатической повестки стали парниковые газы, которые имеют прямое отношение к изменению климата на планете. Сохраненные лесные массивы сдерживают мировые индексы по выбросу газов. Лесные экосистемы, восстанавливающиеся на землях, выбывших из сельскохозяйственного использования, являются эффективным поглотителем углерода [27–30]. Согласно расчетам [31], практически весь неучтенный сток углерода, возможно, сосредоточен в лесных экосистемах мира, суммарное депонирование C в которых в 1990–2007 гг. составляло 2.3–2.5 Гт C/год. И по мнению ряда ученых, именно северное полушарие следует признать «легкими планеты», поскольку в соответствии с модельными расчетами сток углерода в наземные экосистемы здесь составляет 1.66–1.73 Гт C/год [32, 33]. Причем на долю России приходится 45.5 % общего стока C в северном полушарии, а депонирование углерода российскими лесами составляет 56.3 % от общего накопления C в лесных экосистемах северного полушария [34].

В корпоративном секторе уже вводятся отраслевые системы контроля и регулирования выбросов. В мировом масштабе очень быстро растет число компаний, которые стремятся к сокращению углеродного следа вдоль всей цепочки добавленной стоимости, ориентируясь на растущие со стороны инвесторов требования к раскрытию климатической отчетности [6]. В этой связи обратим внимание на формирование порядка, который получил название ESG-инвестирования или ответственного инвестирования. Речь идет об инвестировании в компании, которые

соответствуют основам, сформулированным ООН в 2006 г. При этом такие инвестиции нацеливаются на поддержание качества природного капитала, включая земельные ресурсы [35].

Тренд декарбонизации экономики затрагивает и сельское хозяйство, хотя оно представляет собой не активный (в смысле влияния на экономику), а пассивный фактор [36]. В контексте тренда сформировалась и концепция *карбонового земледелия* – способа ведения хозяйственной деятельности, позволяющего улавливать или связывать органический углерод почвы, делая возможной продажу углеродных кредитов промышленным компаниям, чтобы они могли компенсировать свои выбросы парниковых газов.

Несмотря на небольшой вклад в общий поток CO_2 в сравнении с лесами, тем не менее карбоновое земледелие в России обладает определенной перспективой. Его суть заключается в увеличении уровня почвенного углерода и снижении его потери в результате дыхания и эрозии почвы. Накопление углерода в почве является жизненно важной экосистемной функцией, влияющей как на продуктивности почвы, так и на продовольственную безопасность. За счет этого земледелие может перейти из роли пассивного фактора в долгосрочный фактор влияния на экономику территории.

Территория России играет большую роль в общем «бюджете» углерода в ряду планетарных биогеохимических циклов, при этом велика роль почвы [37–40]. Данной теме посвящен ряд исследований [37–48]. В них подчеркивается такая особенность биогеохимического цикла углерода как его незамкнутость, а также консервация, когда углерод закрепляется в стабильных фракциях органического вещества почвы и может в составе гумуса храниться сотни и тысячи лет. В зависимости от климатических условий, степени и характера изменений в землепользовании через некоторое время после распашки устанавливается новый стационарный уровень содержания углерода в почвах [44, 47]. Так, перевод целинных земель в пахотные ведет к потерям органического углерода. Причиной этого является изъятие урожая (растительный материал является источником пополнения органического углерода в почвах) и усиление процессов минерализации органического вещества и разложение до CO_2 . Трансформация органического

углерода сопровождается потерей углерода в атмосферу. При этом вариабельность величины годовых потоков CO_2 из почв, обусловленная типом экосистемы, выше, чем их изменчивость, вызванная разницей в погодных условиях [41].

Характер землепользования, похоже, является значимым антропогенным фактором, влияющим на условия почвообразования, биологический круговорот, а, следовательно, и на свойства почв. Антропогенные факторы вызывают проявление различных форм деградации почв, влияя на их плодородие. Хорошо известно, что любые изменения в системе использования почв неизбежно ведут к изменениям в запасах углерода. Изменение режима землепользования приводит к выбросу углерода в атмосферу, так, по оценкам Global Carbon Budget 2020, в период 2010–2019 гг. 14 % от всех источников выбросов углерода в атмосферу приходилось на изменение землепользования [43].

Поскольку сельское хозяйство по природе своей больше эмитент, нежели поглотитель парниковых газов, то в рамках карбонового земледелия предполагается применять ряд специальных агротехнологий (минимальная или нулевая обработка почвы и др.). В агросекторе предполагается внедрение принципов точного земледелия, соблюдение норм и сроков внесения удобрений и агрохимикатов, использование технологий повышения урожайности в растениеводстве и продуктивности в животноводстве и др.

Кроме того, происходит зарастание лесной растительностью свободных территорий. Это естественный сукцессионный процесс, который наблюдается повсеместно в лесной зоне [49], в пределах которой расположено примерно 2/3 залежных земель [50]. Леса на бывших сельскохозяйственных землях учитываются как поглотитель углекислого газа. Сейчас в стране по разным оценкам от 40 до 80 млн га брошенных сельскохозяйственных земель [6]. При этом, как известно, 85 % земель расположены достаточно далеко от крупных городов, что не представляется экономичным и удобным для выращивания сельскохозяйственных культур. Однако земли можно засадить лесом. В то же время есть и юридическая коллизия, поскольку лесоводство не является разрешенным видом деятельности на сельскохозяйственных землях.



Рис. 1.3. Глобальный цикл углерода (основные пулы, запас Гт С) [52, 53]

Среди биогеохимических циклов на планете Земля основным является цикл органического углерода, так как именно он преобразовал состояние поверхностных оболочек нашей планеты и обеспечивает стабильность ее углерод-кислородной системы [51]. В глобальном аспекте биогеохимический цикл углерода представляет собой комплекс процессов, в результате которых происходит перенос углерода между различными пулами (ископаемое топливо, атмосфера, почва, растительная и микробная биомасса и др.). Из глобальных пулов углерода (рис. 1.3) третье место занимает пул углерода почвы.

Глобальный цикл углерода связан системой прямых и обратных связей с изменением климата на планете, отражает соотношение между выделением CO_2 и его поглощением в общепланетарном масштабе. Резервуары и основные потоки углерода в наземных экосистемах приведены на рисунке 1.4. César Plaza с соавторами [52] и Rattan Lal [53] считают, что почвенный пул (в слое 0–2 м) более чем в четыре раза превосходит пул углерода атмосферы и почти в шесть раз пул углерода наземной фитомассы.

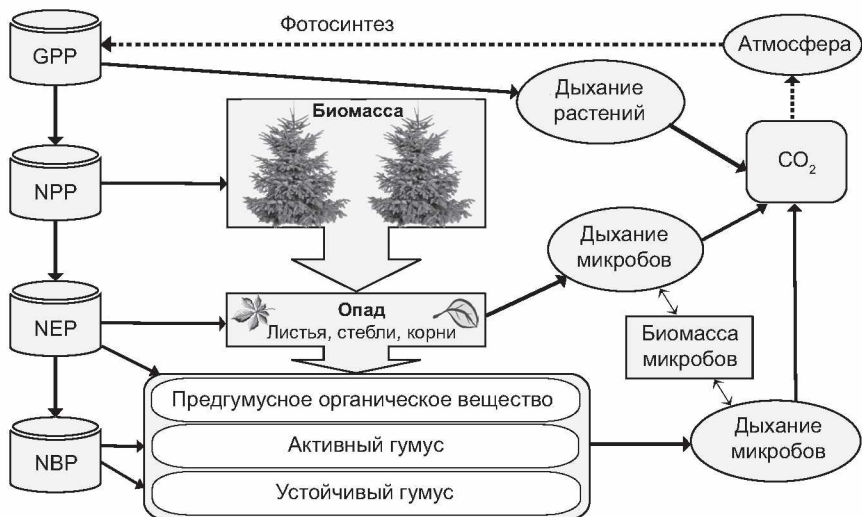


Рис. 1.4. Динамические резервуары углерода и основные потоки CO₂, где GPP – общая продукция фотосинтеза; NPP – чистая продукция фотосинтеза; NEP – чистая экосистемная продукция; NBP – чистая биомная продукция

Роль наземных экосистем России в общепланетарном биогеохимическом цикле углерода представляется весьма значительной. Поэтому оценка углеродного баланса нашей страны все чаще привлекает внимание исследователей, – и ценность лесов как поглощающего углерод ресурса растет. Наша страна обладает огромным недооцененным потенциалом по предотвращению эмиссии в лесах. Как известно, около двух третей бореальных лесов находится в России. Кроме того, необходимо принимать во внимание дальнейшую траекторию использования заброшенных сельскохозяйственных земель со сформировавшимися на них лесными сообществами. Принятие обоснованных решений, касающихся данного вопроса, требует комплексного подхода к планированию рационального использования вышедших из использования сельхозугодий, в том числе точных оценок продуктивности и запасов углерода в постаграрных лесных экосистемах.

Изменение режима землепользования приводит к выбросу углерода в атмосферу. Точных балансовых оценок в целом, а также пулов

и потоков углерода для наземных экосистем нет. Это связано с ограниченностью методических подходов и высокой вариабельностью потоков от года к году, интенсивность которых определяется погодными условиями и другими причинами.

По оценкам Global Carbon Budget 2020 в период 2010–2019 гг. на изменение землепользования приходилось 14 % от всех источников выбросов углерода в атмосферу [43]. Поглощение и выделение CO_2 экосистемой происходит в результате фотосинтеза и дыхания почв и растений. Основной вклад в эмиссию вносят корни растений и микроорганизмы [54]. В результате разного землепользования происходят изменения в процессах поступления и потери углерода и изменения способности связывать углерод в разных ландшафтах. Поскольку потеря углерода из почвы способствует повышению уровня CO_2 в атмосфере, можно сохранить часть этого углерода в почве именно при лесовосстановлении. Карбоновое земледелие в АПК и лесном хозяйстве может стать инструментом преодоления торговых барьеров для углеродоемкого экспорта и продажи углеродных кредитов для компенсирования выбросов парниковых газов.

Учитывая, что в скором времени в ЕС и США (да и в других странах) планируется взимать дополнительные сборы на импортные товары, произведенные в странах с низким уровнем климатического регулирования, то карбоновое земледелие, несомненно, сократит «углеродный след» российских компаний, а также пополнит бюджет страны, в частности, за счет предприятий, загрязняющих окружающую среду и потому вынужденных приобретать углеродные квоты. На ПМЭФ-2021 Президент РФ Владимир Путин объявил, что до 2051 г. накопленный объем чистой эмиссии парниковых газов в РФ должен стать ниже чем в Европе. Россия может не просто сократить выбросы, но еще и поработать на их поглощении. Так гектар молодого леса поглощает 7–8 т CO_2 в год. Поэтому если 80 млн га засадить лесом, то через некоторое время ежегодная прибыль при продаже углеродных квот составит около 30 млрд долл. (при цене за тонну выбросов 50 долл.).

30 декабря 2021 года в России вступил в силу Закон об ограничении выбросов парниковых газов, который в том числе разрешает оборот углеродных единиц на территории страны и вводит понятие их реестра – информационной системы учета; обсуждается создание

национальной системы торговли углеродными единицами. Данные обстоятельства имеют непосредственное отношение к настоящим исследованиям – в части разработки аналитических инструментов карбонового мониторинга, обеспечивающих создание и легитимацию адекватных эколого-экономических регуляторов и институтов устойчивого функционирования хозяйства в новых условиях.

В целом переход к малоуглеродной экономике требует новых как организационных и технологических, так и институциональных решений. Сегодня карбоновое земледелие в России делает первые шаги. Так, создаются карбоновые полигоны (участки для отработки технологий контроля над производством и поглощением парниковых газов) и карбоновые фермы (ландшафты или отдельные территории, где в больших объемах поглощается углекислый газ) в ряде регионов: Калининградской, Сахалинской, Свердловской, Новосибирской и Тюменской областях, Чечне и Краснодарском крае.

Поскольку в настоящее время нет ответа на вопрос: «станет ли углеродное земледелие эффективным способом борьбы с изменением климата, но нет никаких сомнений в том, что есть много способов внести изменения в управление земельными ресурсами, которые улучшат здоровье почвы и принесут пользу окружающей среде» [55], то требуется наряду с инновационными решениями обеспечить доказательную аргументацию по вкладу в углеродный баланс всех элементов как социальной, так и природной системы разного режима использования. Необходимо разработать алгоритм формирования системы карбонового мониторинга и адекватного институционального дизайна со сбалансированными эколого-экономическими регуляторами *углеродного* ценообразования и торговли *зелеными* квотами, а также с новыми стандартами измерения и отчетности по выбросам и поглощению углекислого газа, учитывая, что мир вступил в фазу большой волатильности рынка ресурсов и движения капитала. В конечном счете, необходимо оценить плюсы и минусы карбонового земледелия в сравнении с иными видами экономической деятельности и выделить его потенциальные преимущества не только как способа управления балансом углеродного цикла, но и как эффективного способа управления земельными и смежными активами.

1.2. МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ СИНТЕЗ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

Эксперты сейчас только «мониторят» ситуацию в социальных системах, складывающуюся под влиянием вызовов, и не делают долгосрочных прогнозов. Они пока не нашли однозначных путей ответа на вызовы и не смогли предложить инновационные механизмы управления обществом и природой в новой повестке. Тем более необходимо исследовать когнитивные регуляторы как необходимые элементы для онтологических моделей, которые позволят встроиться в измененную релятивистскую картину социального мира. Сегодня наблюдается лишь фрагментарность нужных идей и моделей, причем порожденных скорее практикой, нежели строгой теорией [56].

В сложных случаях исследователи могут выявлять ключевые проблемы и их решения с помощью коллективной рефлексии и найти соответствующий консенсус. Недавние попытки (в отношении почвенной и смежных наук), однако, оказались трудным делом [13]. Традиционные монетарные методы оценки природного капитала не годятся для новой экономики природопользования, основывающейся на междисциплинарном синтезе экономического (и в целом общественно-научного) и экологического (и в целом естественнонаучного) мышления. В этой связи продолжается концептуальная работа по формированию теоретических основ геосистемного представления природы и социума и соответствующего семантического описания сложной структуры отношений как основы онтологических моделей, обеспечивающих семантическую интероперабельность информационных ресурсов и автоматизированную интерпретацию и обработку информации с целью ее эффективного использования в качестве новых интеллектуальных средств современной инженерии знаний и искусственного интеллекта. Чтобы построить семантические конструкции и онтологические модели, представляющие собой описание объекта, соответствующего логически взаимосвязанным утверждениям и фактам, одновременно адекватные сложности предполагаемых действий по управлению комбинированным объектом (социальными и природными геосистемами), постановка исследовательской задачи и поиск ее решений нуждается в новой повестке (для теоретических и эмпирических исследований природы и хозяйства).

Поэтому осуществляется междисциплинарный синтез естественно-научного и экономического категориальных стилей мышления как основы формирования научного комплекса исследовательской программы, нацеленной на раскрытие понимания новой рациональности и новой инвестиционной реальности.

Экономический принцип *рациональности* заимствован из классической школы политэкономии. Он является основополагающим в концепции «экономического человека» – эгоиста, нацеленного на накопление богатств. В середине прошлого века добавили ограничения *рациональности* по времени, ресурсам и средствам. Но уже новое время предлагает кардинальное осмысление рациональности. Постмодернистская повестка поставила в тупик экономистов в силу серьезных расхождений между идеализируемым объектом и реальными экономическими событиями. Традиционные монетарные и кейнсианские методы привели к осознанию неэффективности управления. Сегодня конечным бенефициаром трудовой деятельности является финансовое учреждение, рассчитывающее ликвидность. Поэтому требуется пересмотреть оценку результативности и эффективности экономической деятельности, показать переход от бухгалтерского к экономическому учету, у которого критерием эффективности является не столько финансовый результат и быстрая ликвидность, а сколько полезность, оцененная в контексте новой рациональности количественными и качественными методами исследования глубинных причин экономических процессов. В этом случае можно реально учесть нерыночные показатели – то, что, собственно говоря, и требуют почвоведы, биологи и экологи [57].

Для того чтобы разобраться в сложившейся ситуации, необходимо пересмотреть философские основания используемого и альтернативного методов познания и начать с анализа основных категорий. Ситуация с монетизацией экосистемных услуг сложилась из-за позитивистской «игры с языком»; а именно, содержание категории «капитал» как бы невзначай (по конвенционному неопозитивистскому соглашению) подменили формой. Известно, что содержание вещи – есть совокупность всех ее элементов, их взаимодействий и изменений. Форма вещи – есть организация устойчивых связей между ее элементами.

В известной формуле К. Маркса *капитал* овеществлен в материальной сути, и лишь для формы и ее измеримости применяется

финансовый счет. При этом финансы, в своей основе *фиатные* – не есть результат, а лишь инструмент производственного процесса. Однако содержание категории *физический капитал* в действующей системе ценностей было не просто проигнорировано. Произошла инверсия: из-за совпадения форм (*физический капитал* и *финансовый капитал*) поставили во главу угла финансовый капитал с условным счетом скорости ликвидности. Кто считает и создает дефицит *фиатных* денег, тот и главный. Но не деньги являются естественным результатом трудовой деятельности. Их сила возникает через монетизацию власти.

Стоимость без содержания (*полезности*) превратилась в бессодержательные деньги. А сама *полезность* стала вторичной, несколько ограничивая тот или иной бюджет. При этом главным критерием по-прежнему является ликвидность – как результат превращения одной формы в другую. При этом за форму принимается последовательность наших состояний сознания, выстроенных по определенным конвенционным правилам, и в соответствии с которыми выстроен финансовый порядок, который монополизировал финансовый рынок. Достаточно упомянуть три гигантские американские компании (BlackRock, Vanguard, State Street), управляющие практически половиной активов сектора S&P500. Аналогичная картина складывается на азиатском и на российском рынках. На них установилась чемберлинская рыночная структура. В ее логике рассматривается ситуация выбора альтернатив, когда потенциальные инвестиции в ту или иную отрасль той или иной территории являются заменителями между собой, но плохими заменителями операциям вовне (кроме операций финансового центра или между участниками внешней крупной бенефитной группы). Рыночное решение осуществляется по принципам, установленным как внутри страны, так и с учетом того, что внешние бенефициары задают стандарты поведения и принципы для выбора оптимальных стратегий резидентами периферии.

С приходом нового времени механика управления, однако, не изменилась. При освоении новой рациональности (постмодернистской), по сути, осуществляется тот же прием – отрыв формы от содержания. По-прежнему во внедрении новой рациональности прослеживается монополия определенных бенефициаров. В рамках климатической повестки де-факто речь идет о перераспределении мирового

богатства с помощью регуляторов климатической политики. Главным инструментом такого передела являются ESG-стандарты инвестирования, которые должны определять экологические, социальные и управленческие параметры объектов инвестирования и компаний. Внедрение стандартов при этом поручается гигантским инвестиционным холдингам типа BlackRock.

Таким образом, карбоновая повестка призвана создать новый порядок получения легитимности по двум направлениям: реагирование производственных процессов на усиление экологических ограничений и организационно-институциональная адаптация к новому порядку. При этом предстоит сделать выбор из двух вариантов: либо прежняя механика ценообразования и контроль со стороны финансовых бенефицирных групп и признанием их высокой компетентности, либо изменение системы учета с акцентом на полезность и повышением компетенций до уровня самостоятельного дизайна рыночных регуляторов. Вопрос лучшей компетенции – умения работать с легитимными счетами и оценивать реальные риски – становится важнейшим аргументом в борьбе за получение экономической ренты (капитала).

В рамках второго варианта, следуя природе труда и принципу справедливости, критерием деятельности человека должна стать не столько быстрая ликвидность, измеренная фиатными деньгами, сколько полезность, оцененная в контексте новой рациональности количественными и качественными методами исследования глубинных причин экономических процессов как человеческой творческой деятельности. Однако для такого философского перехода требуется опора на новые смыслы, чтобы поменять действующие конвенционные соглашения. В первую очередь это касается переосмысления общественного потребления, которое должно заменить промежуточное потребление факторов производства и обосновать альтернативу индивидуальному потреблению продуктов [58].

В этой связи воспользуемся компаративным анализом как междисциплинарным методом познания, хорошо себя зарекомендовавшим в разных сферах научных исследований, в том числе в современной философии науки. Он в сопряжении с системным анализом в ходе рефлексии выявляет общее и частное в развитии исследуемых феноменов, характеризует их единство, порядок и структуру

взаимосвязей для достижения структурированности и смысловой законченности в контексте устойчивого землепользования.

В основе философии науки лежит система мировоззренческих универсалий (категорий), которые выступают ее систематизирующим фактором. Они формируются как категориальная структура сознания исследователя, в этом смысле это есть диалектический стиль мышления и фундамент для формирования научного мировоззрения, адекватного современным вызовам. С этой целью воспользуемся предложенной в учебнике [59] систематикой научного метода и представим категориальные стили мышления: классический, неклассический и постнеклассический (или постмодернистский). Стили различаются комбинацией нормативного (предписывающего, математизированного) и дескриптивного (описательного) подходов в структуре когнитивного принципа «рациональность». Принцип характеризует системную организацию объектов познания, отношения объекта и субъекта познания, особенности поиска знаний и их включения в научные представления.

Классический стиль базируется на нормативной методологии и модели рационального агента, неклассический – на основе дескриптивно-нормативной методологии, а постнеклассический – на основе активного использования дескриптивной методологии [60].

В результате в предложенном методологическом ключе анализа содержания и формы категорий, в соответствии с категориальными стилями мышления представляются рефлексивные концепты исследуемого научного комплекса: *субъективистский концепт* (в рамках классического стиля), *субъективистско-объективистский* (неклассического), *релятивистский* (постнеклассического).

Субъективистский концепт основан на представлении о познании как наблюдении объекта независимым от него субъектом. В его рамках формируется механическая картина мира, которой свойственны абсолютизированный детерминизм с выделением рациональных сущностей, имеющих самостоятельное существование вне субъекта познания и подчиненных императивно заданным нормам. При этом игра с формой приводит и к терминологической неопределенности. В частности, возникает неопределенность при употреблении терминов «почва» и «земля». Проведенный в статье [61] анализ законодательства показал, что правовые нормы регулируют гражданский

оборот в основном в отношении категории «земля» (сельскохозяйственного назначения). При этом «земля» отнесена к экономической категории, а «почва» выведена за рамки гражданского оборота.

В рамках нормативного подхода землю рассматривают без учета почвенных функций – как объект недвижимости [62]. Значения стоимостей подобных объектов существенно отличаются от результатов их рыночной оценки [63]. Тогда при принятии решения игнорируется экологическая сущность почвы как важнейшего компонента биосферы.

В соответствии с Федеральным стандартом «Цель оценки и виды стоимости» (утвержден Приказом Министерства экономического развития РФ от 20 мая 2015 г. № 298 «Об утверждении Федерального стандарта оценки «Цель оценки и виды стоимости (ФСО № 2)») [64] основными подходами, используемыми при проведении оценки, являются следующие:

- затратный подход, основанный на определении затрат, реализованных для приобретения, воспроизводства, замещения объекта с учетом износа и т. д.;
- доходный подход, нацеленный на прогноз будущих доходов и расходов, применяется дисконтирование денежных потоков и капитализация дохода;
- сравнительный подход, основанный на сравнении оцениваемого объекта с объектами-аналогами.

При этом если *тенденции рынка* стали известны его участникам, то их надо учитывать в прогнозе событий и ориентироваться на них. Если цель оценки объекта – аудит и формирование бухгалтерского учета, то применяется затратный метод. Если цель – выбор маркетинговой стратегии, то необходимо применить сравнительный подход. Если цель – снизить системные риски, то необходимо применять комплекс методов, связанных с анализом тенденций рынка, стратегий участников рынка, в том числе и доходный подход. При достижении данной цели предыдущие подходы скорее рассматриваются как частные способы расчета частных величин в составе процедуры оценки.

Таким образом, есть методы проведения оценки, которые приводят к конечному результату оценки в рамках достижения конкретной цели, а есть методы расчета отдельных параметров, которые предусматриваются в иных подходах и методах оценки. В случае

достижения цели снижения системных рисков, стоимость актива становится величиной *вероятной*, причем учитывающей ожидания и долгосрочные тенденции рынка. Поскольку новые вводимые стандарты известны участникам рынка, следовательно, соответствующие системные риски должны также учитываться.

Однако на практике происходит игнорирование системных рисков, а сама социальная система упрощается до производственной функции отдельных операций, в которых рассматриваются исключительно трансформационные издержки (связанные с переработкой неограниченного вещества природы) и полностью игнорируются транзакционные издержки (связанные с внепроизводственными и управленческими событиями). Это происходит потому, что используется классическая абстрактная модель рационального эгоиста, обладающего безграничным ресурсом.

В рамки данного концепта вписывается метод, учитывающий в смете влияние ряда основных факторов на экономическую эффективность использования земель, предложенный в работах [65–72] и апробированный на российских примерах [73–76].

В то же время в фокусе внимания находятся не транзакции с рыночным измерением, а сметное представление отдельной технологической цепочки с применением производственных показателей (производительность труда, топливо, амортизация и т. д.), которые рассчитываются для конкретного производственного процесса. В целом подобная смета составляется, исходя из производственных возможностей применяемых технологий, без анализа рынка, общих возможностей среды и возможностей реализации проекта, в том числе без наличия потребности в планируемом производстве и наличия благоприятного бизнес-климата и прочих условий для *транзакций*. При этом собственно инвестиционный процесс в природоохранной сфере остается вне финансового счета.

Субъективистско-объективистский концепт формируется на основе изучения поведения объектов с системно-структурными характеристиками и вероятностного способа описания статистического ансамбля (макросистемы). В рамках концепта осуществляется компромиссная попытка одновременного использования подходов: дескриптивного (для земли) и нормативного (для экономики) с вероятностными оценками в условиях валь-расовского равновесия. Компромиссность заключается в том, что представление экологических отношений

отражает конкретную экосистему (ландшафт), а экономические отношения базируются на абстрактной модели, игнорирующей особенности отраслей и территорий, в частности, социокультурные и институциональные особенности. Социальная система упрощена до производственной функции статистического таксона, которая охватывает трансформационные издержки и обнуляет транзакционные издержки.

Дискуссия в основном идет вокруг того, какие из переменных и как надо включать в производственные функции, формулируемые в условиях макроэкономического равновесия (описываемого через систему национальных счетов (СНС)). Для усиления объективности оценок рассчитываются корреляции, определяющие тесноту взаимосвязи между деградацией земель и макроэкономическими, биофизическими и вегетативными показателями, и строятся регрессионные уравнения. При этом в уравнения включаются макроэкономические, институциональные и демографические показатели, рельеф, осадки, ветер, климатические условия, почвенные, биофизические показатели, устойчивость практики землепользования и другие показатели, которые имеют значение для определения степени и интенсивности деградации земель и учета экосистемных услуг. Например, определение стоимости сельхозугодий осуществляется на основе свойств почв (включая параметры их деградации) и климатических условий местности [77–79], ценности почвы на основании потенциально возможного урожая, природно-ресурсного потенциала территории, агроэкологических функций агроландшафта [80], на основе энергетической оценки их плодородия [81], по окупаемости вносимых в почву удобрений [82]. При этом порой для ряда объектов и видов деградации земель получают даже вполне значимые коэффициенты детерминации [83–88]. В то же время такие уравнения рассчитываются в рамках гипотезы гауссовского случайного процесса, который требует эргодичности исследуемой системы показателей. Поскольку такая система выстраивается на платформе механического рационализма, то статистически значимая связь элементов системы еще не объясняет ее единство.

Это также заметили и исследователи: анализ влияния факторов на исследуемые феномены деградации может и не выявить статистически значимые связи [70], поскольку установлено, что сами

связи между этими факторами и деградацией не линейны [89], а исследуемые феномены относятся к разным масштабам [90, 91], каждый из которых требует своего исследовательского подхода.

Кроме того, отсутствует ясность в отношении экономической ценности и финансового измерения, поскольку категория «стоимость» имеет разное толкование, а в «ценность», предоставляемую экосистемой, включают различные категории «стоимости». Общеизвестно, что категория «ценность» охватывает две взаимные категории: «стоимость» (меновая стоимость) и «потребительная стоимость». В реальной экономике различают бухгалтерские и экономические издержки и прибыли. Бухгалтерский учет рассчитывает вневременные издержки переработки ресурсов в фактических ценах (при нулевых транзакционных издержках). Экономический счет принимает во внимание реальность хозяйственной деятельности с учетом фактора времени. Он включает в расчет в том числе как транзакционные издержки, так и неиспользование экосистемных услуг и экологический ущерб или выгоду.

Сложность оценки потребительной стоимости благ заключается также в том, что необходимо учитывать как ее прямое, так и косвенное использование. В соответствии с концепцией *TEV* доход рассчитывается с помощью аддитивной модели, включающей валовую выручку, цену прямого и косвенного использования экосистемных услуг, прямых и косвенных затрат [92, 93]. Оценка представляет собой сумму прямой стоимости использования природного ресурса (экономические блага), косвенной стоимости (неэкономические блага), стоимости отложенной альтернативы (использование в будущем) и квазиальтернативы (обременения). Все это пытаются в рамках бухгалтерского учета как-то сосчитать. Однако если оценки потерь продуктивности сельского хозяйства в результате деградации земель основаны на экспертном мнении, то такие оценки могут сильно различаться [94]. Поэтому не случайно в научной дискуссии выделяется вопрос о том, как адекватно определить и учесть стоимость услуг и издержек [65].

В целом создается когнитивный диссонанс, вызванный тем, что требуется методологическое согласование одновременно используемых абстрактных моделей микроэкономического равновесия и стоимости, имеющей финансовое измерение короткого цикла, и макроэкономического равновесия, и потребительной стоимости, имеющей

общественное измерение при ненулевых транзакционных издержках. На практике же происходит так называемое фундирование (логическое соединение) макро- и микроподхода в оценке деятельности агента в целом, а не только отдельной операции. Это происходит в рамках бухгалтерского счета (микроподход) и СНС (макроподход). Государство (регион) устанавливает экологические нормативы посредством СНС и вспомогательных счетов и нормирует ими деятельность агента в разных интерпретациях, в частности следующих при формировании санкций и вспомогательных счетов:

- методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель [95];
- методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель [96];
- методические указания по оценке и возмещению вреда, нанесенного окружающей природной среде в результате экологических правонарушений [97];
- методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды [98].

Однако ввиду диспозитивности установленных правовых норм возникает неопределенность в сценариях развития объекта, и возрастают системные риски. При этом стоимость экосистемных услуг оценивается в рамках гражданского, земельного, лесного, водного кодексов и реализуется в виде санкций. Последние не стимулируют деятельность фирм, имеющих не только технологические особенности, но и разное финансовое состояние, и положение на товарном рынке.

С одной стороны, бухгалтерский учет удобен для аудита и формирования налогооблагаемой базы на основе нормативных документов. С другой стороны, рыночная цена земли определяется не в эколого-экономических координатах, а в рамках оценки недвижимости, при условии биржевого равновесия спроса и предложения и максимума капитализации дохода [99]. Это превращает инвестиционную стоимость земельного актива в пассив инвестиционного проекта с обременениями и юридическими коллизиями, разрешаемыми в рамках гражданского кодекса и судебных исков. Можно нагрузить предприятие санкциями, однако, это создает еще больше трудностей для судебной практики, причем без очевидного успеха, поскольку в таком

«налоговом» подходе нет самого предприятия. Расчет стоимости активов, кроме фискальных функций и санкций, должен включать еще и элементы стимулирования рационального использования природных активов с учетом превращения инвестиционной стоимости актива в пассив. Например, можно учесть потребительскую стоимость как опционное право приобретения и использования экономического и неэкономического блага, как резерв для будущего. Чтобы использовать базисный актив с оговоренной ценностью, требуется не только принятие технологических мер, нацеленных на снижение процесса деградации природных ресурсов, но и мер институционального характера, обеспечивающих снижение системных рисков.

В случае использования природных ресурсов необходимо обеспечить исковой силой справедливые платежи за используемые экосистемные услуги, а также стимулировать повышение производительности сельского хозяйства, облегчить доступ к рынкам и принять иные институциональные меры [100]. Однако все это обременено серьезными транзакционными издержками.

Поскольку в постановке задачи по оценке экологических функций используются разномасштабные (микро- и макро-, в случае экономических расчетов, микро- и мезо-, в случае экологических оценок) и разные исследовательские процессы, то на этом основании имеем состояние серьезной неопределенности в отношении будущих выгод, как от экономических, так и от природоохранных мер. Такое непонимание на уровне расчетов с непонятными рисками снижает мотивацию фермеров к принятию природоохранных мер [101], поскольку они не склонны применять практику с высокими рисками [102]. Поскольку транзакционные издержки обнуляются, то нет необходимости корректировать институты и структуру социальных отношений, и, следовательно, нельзя снизить системные риски при инвестициях (особенно в сфере экологии), не имеющих напрямую выхода на прибыль.

По причине такого бездействия в политических решениях игнорируются экосистемные функции и их синергетический эффект, что приводит к потере экосистем [73], к катастрофическим ошибкам управления [74], к утрате комплекса экосистемных услуг [103, 104]. Поэтому необходимо помимо долговой экономики выстроить иную реальную экономику с реальными проблемами природопользования. Однако

придется при этом выйти за рамки и сметы и бухгалтерского учета. Это можно сделать как раз за счет оценки потребительной стоимости, учитывая рыночные, институциональные и социальные контексты.

В настоящее время существует понимание того, что дискуссия, идущая в экономике природо- и землепользования, актуализирует необходимость обновления ее понятийного аппарата и методологической основы. Сегодня земельные ресурсы, с одной стороны, рассматриваются в контексте сохранения окружающей среды и развития сельского хозяйства, с другой – оцениваются на основе применения системы нормативно определенных показателей ссудного процента. Однако такое ценообразование не способствует рациональному использованию природных ресурсов, поскольку ориентирует исключительно на короткую ликвидность. Поэтому как бы мы не выделяли в приоритетные секторы земледелие (в целом природопользование) – они всегда будут в проигрыше в сравнении со спекулятивным сектором. В условиях такого подхода к оценке потенциала природных ресурсов не учитываются многие аспекты их использования и, напротив, устанавливается априори заданная демаркация между миром человека и миром природы. А сам подход к оценке экосистемных услуг в рамках экономической модели, где транзакционные издержки равны нулю, экономические агенты совершенно рациональны и институты не имеют значения, имеет весьма условную применимость. Это является слабым местом многих теорий: циркулярной экономики [56, 105], социоэкологических систем [106, 107], промышленной экологии [108, 109] и т. д. Как раз реализация принципов циркулярной экономики страдает от недостаточности изучения стратегий общественного потребления [110]. Разнообразие территориальных контекстов обуславливает различие потребностей и возможностей, которые нужно учитывать при внедрении циркулярной экономики [111, 112].

Чтобы выстроить путь к новому концепту (с учетом выявленных методологических недостатков), необходимо вернуться к основам познания – к анализу содержания категорий. В частности, методологическая ошибка в вышеизложенных концептах заключается в непонимании сущности категории «*рента*». Понимание категории используется исключительно в классическом ключе – в применении к плате за землю, которую владелец получал за то, что владел

землею, вне контекста реальных социальных отношений. Но сегодня значение этого термина было расширено до понимания реальных рыночных отношений, в частности, до понимания *монопольной прибыли* [см. напр. 113]. Источником ренты является значительная рыночная власть, определяющая ценообразование и организацию товарного рынка. Это кардинально отличается от классических представлений рационального агента и рационального совершенного рынка. Поэтому без понимания ренты как монопольной прибыли, источником которой является именно рыночная власть, невозможно сформировать адекватный (с точки зрения общества, а не финансовых глобальных компаний) ответ на карбоновый вызов и выстроить альтернативную инвестиционную реальность. В соответствии с последней анализировать надо не цепочку затрат, а цепочку добавленной стоимости с учетом углеродного фактора ценообразования и социального контекста.

Релятивистский концепт, выстраиваемый в рамках постнеклассического стиля, создает предпосылки для нового отношения к «рациональности», на которой строится альтернативная инвестиционная реальность с углеродным ценообразованием. Эпистемологическим основанием концепта выступает представление о деятельностной природе познания, когда субъект неразрывно связан с объектом. Появляется внутреннее время как условие синхронизации эволюционных шагов – смены равновесных состояний объекта (организма) и переходов от прежнего структурного порядка к новому. Субъект выбирает стратегию его включенности в эволюционные процессы. В этом случае конкуренция человека и природы сменяется идеей сотрудничества и коэволюцией природы и общества и позволяет построить альтернативную инвестиционную реальность. Она сегодня формируется под воздействием трансформации ликвидности и институционального установления нового порядка мировой торговли, задавая постиндустриальный характер процессу превращения природной ренты (именно как экономической ренты) в ресурс нового экономического роста. Мы видим, как проявляется новое содержание категории *рента* через фактор инфляции издержек (привнесенной мировой экономикой в национальную экономику) по цепочке: дефицит сырья – рост цен на ресурсы – рост цен на факторы производства.

Становится очевидным, что хотя элементы экономической системы образуют единство, в то же время сам тип связей отличается от макро- и микроэкономических законов – он определяется коэволюцией элементов мезоэкономических структур [116]. Чтобы объяснить сложившуюся ситуацию, исследователи стали исходить из того, что экономические действия являются контекстуальными, а не обусловленными исчислением максимизации дохода [117–119]. Внимание стали уделять как организационным процедурам (локальный процесс) [119], так и институциональному порядку взаимодействий между агентами при локализации соотношения частных и общих институтов [120–122]. Поэтому исследователи начали уделять больше внимания роли институтов в развитии территорий [122–124] и конкретизации роли, которую играют экзогенные и эндогенные факторы [125–128]. Стали обращать внимание на «мезофеномены», позиционированные на основе отличия от микро- и макроуровней [129, 130]. Так в рамках «мезоподхода» в части взаимодействия общих и частных правил при объяснении процессов кооперации и координации агентов в фокусе внимания оказываются «мезоинституты» – новая исследовательская категория, выполняющая важную функцию посредника сопряжения «общих» и «частных правил» [122, 131, 132], формирования контрактной системы, регулирующей порядок хозяйствования и инвестирования.

При этом категория «мезоуровень» занимает особое место в методологической дискуссии индивидуализма и холизма [129]. Она признает законы самоорганизации экономики и обращает внимание на механизмы сотрудничества и координации, которые реализуются в виде мезоэкономических структур: пространственных, функциональных, временных [133, 134]. В широком смысле мезоэкономика исследует эволюцию экономических групп и поэтому формируется под влиянием отраслевой, пространственной и институциональной экономики [135]. При этом эксперты обращают внимание на условия неопределенности и трансформацию институционального порядка взаимодействия между агентами, функционирования мезоэкономических структур и эндогенного формирования механизмов координации агентов [116, 121, 130, 132, 136].

Поэтому в рамках концепта тип связей отличается от традиционно применяемых статистических законов и объясняется во многом

геометрией экономического пространства и эволюцией структуры отношений социальной системы, а также согласованием (через социальные бренды) эволюционных ритмов социальной и природной систем в условиях локального равновесия (отличного от микро- и макроэкономического равновесия).

Тогда можно реализовать в системе учета утверждение о том, что любое изменение состояния эколого-экономической системы нужно рассматривать как системно-институциональное взаимодействие общества и природы [137]. Необходимо вовлечь в систему учета правильный инвестиционный анализ, когда эффективность использования природных ресурсов определяется в социальном контексте [138, 139].

Таким образом, уже возможно в контексте новой рациональности (устанавливаемой климатической повесткой) пересмотреть оценку результативности и эффективности экономической деятельности в рамках *карбонового земледелия*, предложив альтернативную инвестиционную реальность – альтернативную исключительному финансовому результату короткого цикла. Следуя природе труда и принципу справедливости, критерием деятельности человека в сфере *земледелия* должна стать не столько быстрая ликвидность, измеренная фиатными деньгами, сколько полезность, оцененная в контексте новой рациональности количественными и качественными методами исследования глубинных причин экономических и экологических процессов и утвержденная социальными брендами и соответствующими институтами, обеспечивающими легитимность коммерческих брендов и самих компаний. К таким институтам относятся сертификация, лицензии и в целом контрактная система, регулируемая государством посредством как макроинститутов и государственных институтов развития, так и социальных брендов. В дополнение к рыночным регуляторам при обеспечении фундаментального фактора капитализации (дисконтированной ожидаемой доходности коммерческого бренда, обеспеченной оптимистическими ожиданиями и условиями контрактов, минимизацией транзакционных издержек и возникающих рисков) появляется социальный регулятор рыночных отношений.

При таких существенных транзакционных издержках среди рентообразующих факторов, именно институциональные факторы становятся лимитирующими по сравнению с природными. Поэтому в рамках новой

рациональности предполагается системная настройка институционального дизайна страны (региона), которая должна учитывать баланс институтов, институты развития и пространственные экстерналии.

Укрепление формального порядка инвестирования и производства должно осуществляться через расширение сферы государственного вмешательства (интервенция вширь) и через усиление роли государства в уже регулируемых сферах (интервенция вглубь). Таким образом, оптимальный (по критерию новой рациональности) дизайн рыночных механизмов *карбонового земледелия* должен выстраиваться при соблюдении баланса процессов бюрократизации и самоорганизации, при рациональном взаимодействии государственного, частного, монопольного и общественного секторов на основе правильных стимулов и системы экономического учета, стимулирующей природоохранную деятельность через предоставление «входного билета» (через институты и социальные бренды) в международную и межрегиональную торговлю.

В результате внедрения экологических императивов в инвестирование появляются соответствующие эколого-экономические издержки, связанные как с трансформационными, так и с транзакционными издержками в процессе разработки природных ресурсов. При этом природные ресурсы можно рассматривать как важнейшие активы (как в экономическом, так и в экологическом аспектах), в отношении управления которыми создаются соответствующие финансовые и эколого-экономические регуляторы. В то же время издержки и модели поведения поддаются регулированию в соответствии с этапом и новыми стандартами, устанавливаемыми в мировой торговле [140].

Таким образом, в основе вопроса с монетизацией экосистемных услуг лежит экономический принцип рациональности, историю которого проследили от классической трактовки до современной постмодернистской повестки. Карбоновая повестка, сформированная на новых основаниях рациональности, по сути, требует, следуя принципу справедливости, чтобы критерием деятельности человека стала не столько быстрая (фиатная) ликвидность, сколько полезность, оцененная в контексте новой рациональности количественными и качественными методами исследования глубинных причин экономических процессов в сфере человеческой творческой деятельности.

Необходимо вернуть стоимости ее содержание – полезность. В этом случае можно реально учесть нерыночные показатели и факторы, чего, собственно говоря, и требуют почвоведы, биологи и экологи [57]. Тогда происходит переплетение дисциплин из естественных наук, социальных и менеджмента, что стало необходимым для решения современных экологических проблем [110]. Это сделать не просто, поскольку эксперты из разных дисциплин по-разному концептуализируют проблемы и используют словари, не совсем понятные друг другу [110]. В этой связи фундаментальные задачи решаются в системе представлений, полученных в рамках сформулированного единого понятийного поля. На когнитивном уровне необходимо включиться в дискуссию по поводу измерения производимой ценности почвенной системы (экосистемы в целом) и сосредоточиться на ключевом вопросе: каким может быть вклад почвоведения (смежных наук) в устойчивое управление почвами (экосистемами в целом в контексте целей устойчивого развития), в решение проблем продовольственной безопасности и функционирования наземных систем при условии справедливой монетизации экосистемных услуг.

В результате дискуссии в научной мысли стала формироваться интеллектуальная конструкция «**новой системности**», на которую опирались в построении методолого-методической базы исследований (рис. 1.5).

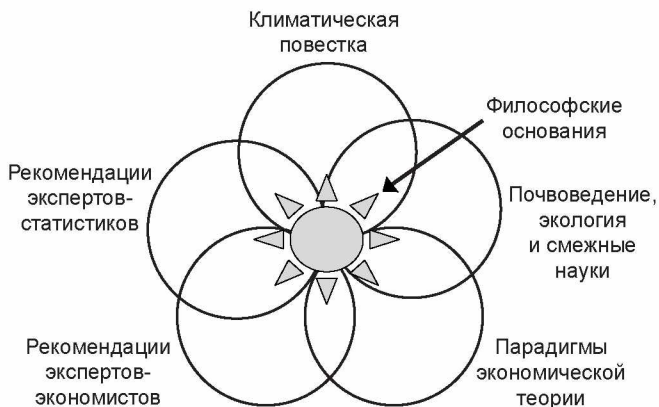


Рис. 1.5. Научный комплекс эколого-экономических представлений для формирования системной парадигмы карбонового земледелия

Она ориентирует на «экзогенное» восприятие системы как некоторый фрагмент реальности, выделяемый в **пространстве** и во **времени**, и на существенное усиление **субъективного** компонента в понимании системы.

В рамках названной дискуссии сформировался научный комплекс исследования (на основе системной парадигмы) карбоновой экономики и ее части – карбонового земледелия, определенный следующим контуром эколого-экономических представлений, составленным из следующих источников и составных частей (см. рис. 1.5):

- **Почвоведение, экология и смежные науки.** Все большее признание получает центральное значение почвы для функционирования наземных систем, в частности, ведущего пула углерода (значительная часть от углерода, обнаруженного в земных экосистемах планеты). Однако почва все больше подвергается давлению как ограниченный ресурс для производства продуктов питания, энергии и сырья. Это привело к росту спроса на концепции оценки функций почв с тем, чтобы они могли адекватно учитываться при принятии решений, направленных на устойчивое управление почвами.
- **Климатическая повестка** поставила задачу разработки единой системы отчетности с экономическими и экологическими показателями в контексте целей и показателей устойчивого развития [15]. В качестве примера методологии измерения экологии и экономики приведем доклад Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [141].
- **Рекомендации экспертов-экономистов. Доклад Стиглица-Сена-Фитусси.** Проведение точной оценки капитала (в частности, природного) затруднено, поскольку рыночные цены обладают сильной волатильностью. Вопрос оценки устойчивости является дополнением к вопросу о текущем благополучии или экономической эффективности, и должен быть рассмотрен отдельно. Однако объединение благополучия и устойчивости в один показатель вызывает когнитивный диссонанс [113].
- **Институциональная и геопространственная парадигмы экономической теории.** Происходит осознание субъектности и подготовка мышления к новым ситуациям. В этом случае

субъект предлагает стратегию развития, построенную в рефлексивной технике, поскольку объект изучения – сам субъект и субъект-объектные отношения. При этом в фокус исследования ставится трактовка институтов и их роль в пространственных экстерналиях и эндогенных механизмах. Причины экономического развития необходимо искать в природе коллективных явлений в экономическом пространстве, представляемого плотной сетью взаимоотношений – **контрактной сетью и иными институциональными конструкциями** (определяющими ареал компетенций, который и становится объектом изучения, в котором проявляются институциональные реакции). Произошло существенное усиление субъективного компонента (компетенций) в понимании функционирования экономических объектов. В данном обстоятельстве и в учете пространственно-временной континуальности заключается онтологическая особенность современного этапа развития экономической теории. Это дает нам основание сформулировать **закон воспроизводства пространственного неравенства**, обуславливающий декаплинг центра и периферии. Следствием этого является разрыв между величиной экономической ренты, получаемой центром и периферией.

- **Рекомендации экспертов-статистиков.** В целом показатели стоимостной оценки экономического капитала и природного капитала в настоящее время рассчитываются в системе национальных счетов (СНС). Однако существует понимание того, что для измерения необходим более совершенный статистический «компас» для смещения экономических измерений в сторону устойчивого развития. Данные рекомендации полезны в методическом плане для гармонизации различных подходов и показателей в контексте целей и показателей устойчивого развития [15]. Взаимосвязь окружающей среды экономики отражена в увязке с СНС в «Докладе Комитета экспертов по эколого-экономическому учету» [142] и в такой системе эколого-экономического учета, как «The System of Environmental – Economic Accounting», разработанной совместно структурами ООН, Всемирного банка и ОЭСР [143].

– **Философские основания парадигмы** необходимы для опоры на новые смыслы. Это стержень, вокруг которого выстраивается новая концепция. Мы ожидаем, что новая концептуальная основа объединит различные дисциплины экологии, почвоведения (смежных наук) и экономики и поможет определить важные будущие исследовательские вопросы на стыке между дисциплинами. При этом безусловной проблемой является привязка ценника к экосистемным услугам. Оценка экосистемных функций производится в рамках системного подхода, который как раз является предметом аналитической работы, нацеленной на реальное понимание основных механизмов контроля и разработки научно обоснованных стратегий устойчивого управления экосистемами.

Данный научный комплекс в целом направлен на то, чтобы предложить подход к справедливой оценке *экосистемных услуг*.

Далее разберемся с содержанием основных категорий и когнитивным процессом. Под *экосистемными услугами* понимаются выгоды, получаемые людьми от экосистем [144], вклад, который экосистемы вносят в благосостояние людей [145]. Согласно исследованиям международного проекта TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) под эгидой Экологической программы ООН (ЮНЕП), «экосистемные услуги – это прямой и косвенный вклад экосистем в человеческое благосостояние. Концепция „экосистемных товаров и услуг“ – то же самое, что и экосистемные услуги» [146]. Смысл концепции заключается в учете широкого спектра функций природного капитала в процессах принятия решений и обеспечении устойчивого природопользования, а также взаимосвязи экологических и социальных аспектов [147].

Объединив усилия, экономисты и экологи определили *экосистемный сервис* как способ формулирования императивов сохранения и поддержания качества окружающей среды. В настоящем исследовании используем следующие определения [148, С. 7]:

- экологические структуры и процессы – характеристики экологических структур, биоразнообразия, частных экологических процессов;
- экосистемные функции – интегральные результаты функционирования экосистем, которые являются функциональной основой экосистемных услуг;

- экосистемные услуги – экосистемные функции, которые могут быть непосредственно полезны для человека;
- польза или прибыль, получаемые людьми от экосистемных услуг (благоприятная окружающая среда, экономическая прибыль, продукты питания, оздоровление населения, эстетическое удовольствие, новые знания и др.);
- ценность экосистемных услуг, которая может быть оценена как монетарными, так и немонетарными показателями.

Анализ значения экосистемных услуг и их экономическая оценка находятся в фокусе внимания многих исследователей. Прежде всего выделим работу «Оценка экосистемных услуг на пороге тысячелетия» [144], выполненную под эгидой ООН. Подробно генезис концепции экосистемных услуг рассмотрен в работе [149]. В настоящее время разработаны три международные классификации экосистемных услуг [148]:

- классификация в докладе [144], использованная для глобальной и субглобальной оценки экосистемных услуг;
- классификация международного проекта ТЕЕВ, которая используется странами-участниками проекта на национальном уровне;
- классификация Европейского агентства по охране окружающей среды – CICES (Common International Classification of Ecosystem Services), основанная на двух указанных классификациях, в большей степени нацеленная на экономическую оценку и учет экосистем на национальном, региональном и локальном уровнях.

Существуют и иные классификации, сделанные по разным критериям. Например, в работе [150] выделили в отдельную позицию производство товаров. В прототипе национального доклада «Экосистемные услуги России (наземные экосистемы)» при поддержке проекта ТЕЕВ-Russia выделено три категории экосистемных услуг: производственные, средообразующие, информационные и духовно-эстетические (культурные услуги) [148].

В то же время, поскольку мы проводим исследование в контексте климатической повестки, то в данном исследовании мы остановились на второй и третьей группах, а именно на уточнении роли почвенных систем в проблеме и оптимизации регуляторов карбонового земледелия.

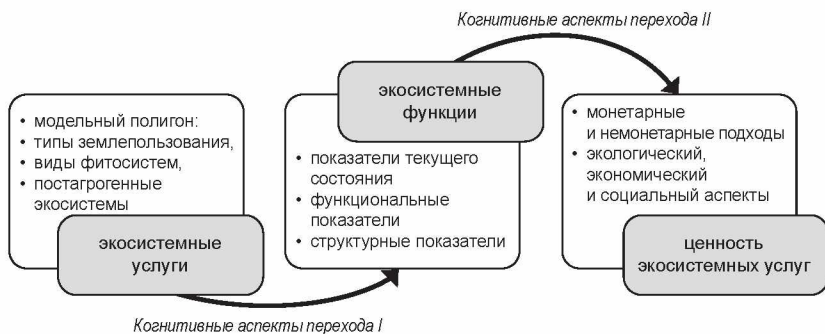


Рис. 1.6. Последовательность исследований процесса оценки экосистемных услуг и когнитивных аспектов смены этапов познания в рамках релятивистского концепта

Этапы формирования и идентификации экосистемных услуг и определения их ценности в соответствии с работами [149, 150] представляют собой последовательные итерации. Мы будем придерживаться подобной логики в настоящем исследовании, однако, в рамках выстроенного научного комплекса принимаем, как предложено в работе [151], включение когнитивных аспектов при выстраивании логики «от структур и процессов к функциям и экосистемным услугам и далее к ценностям» (рис. 1.6).

Обсудим некоторые проблемы, решаемые на когнитивных переходах. Так на этапе I происходит формирование системной картины землепользования. Данная проблема давно находится в фокусе внимания экспертов [83]. Уже накоплен обширный опыт в системном исследовании почв, систематизации факторов и типов деградации почв, стоимостного выражения экосистемных услуг [65, 103, 104, 152–158] (его теоретическая и практическая значимость показана в обзоре [159]). А сама дискуссия находится на уровне формирования концептуальной основы глобальной оценки земель и выстраивания соответствующей аналитической структуры. Контур дискуссии изначально обрисовали Е. Нконья [65] перечнем фундаментальных вопросов и Дж. фон Браун [68, 69] рядом когнитивных принципов, безусловно актуализированных и скорректированных современной повесткой. Задача на этом этапе заключается в оценке

функций почв в рамках того или иного подхода, которые как раз являются предметом дискуссии. При этом считаем важным отделить функции почвы от экосистемных услуг почвы и не рассматривать эти термины как синонимы.

На втором этапе для формирования эффективных методов оценок деградации земель и выбора противодействующих мер, эксперты должны учитывать почвенные факторы и экосистемные услуги в соотношении с классами землепользования и экономической политикой [155, 160] и критически осмысливать методическую и нормативно-техническую базу землеустроительных работ [161].

Согласно Е. Нконья [66, 67] прежде всего речь идет о следующих вопросах (об этом по крайней мере свидетельствует структура книги [100] и вторая глава [67]): Каковы основные факторы и типы деградации земель? Каковы экономические, социальные и экологические издержки деградации земель и выгоды от принятия мер по борьбе с деградацией по сравнению с бездействием? Каковы возможные стратегии и политики, нацеленные на стимулирование устойчивого землепользования? Именно в таком контексте видим для себя задачу выстраивания аналитической структуры оценивания экономики земель, которая согласно Дж. фон Брауна [69] должна включать в себя следующие принципы:

- сочетание рыночной и нерыночной оценки земли и ее деградации;
- интеграция масштабов феноменов деградации путем моделирования и применения различных инструментальных методов;
- устойчивое землепользование; проведение реабилитации и предотвращение деградации;
- учет проблем и мнений местных общин, а также учет связи деградации земель и социальных проблем (институциональный и социальный факторы).

К последней сентенции в контексте устойчивого развития добавим следующий принцип: *осуществление системной связи природных и социальных систем как единой планетарной системы, рассматриваемой в рамках экономики биосферы.*

1.3. СИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА КАРБОНОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Необходимость нового подхода является очевидной, поскольку эффективность использования природных ресурсов определяется в зависимости от социального контекста. В то же время проблема поиска адекватных эколого-экономических регуляторов для устойчивого функционирования ресурсоемких производств в новых условиях хозяйствования имеет общий характер для данной сферы [140]. Однако несмотря на достаточно обширный ряд исследований, при попытке глобальной оценки почв и экономики земледелия, особенно в части учетного измерения, остается проблема в системном представлении структуры причинно-следственных связей, как верно отмечено в работе [61]. Недавние попытки в отношении экологических наук, однако, столкнулись с большими трудностями [13]. В то же время такие поиски должны продолжаться, тем более что необходимо рассматривать конкретное включение природной системы в ту или иную проблемную ситуацию. Сегодня ее задают климатический и инвестиционные риски.

Ключевым ресурсом биосферы и основным компонентом наземной экосистемы, взаимодействующим с атмо-, гидро- и биосферами, является почва [162–173]. Теоретические основы устойчивого землепользования широко представлены в трудах зарубежных и отечественных авторов, затрагивающих разные аспекты данной проблематики [62, 75, 76, 103, 104, 67–72, 152–157, 174 и др.]. Однако конечной целью почвенных исследований для устойчивого управления почвами является количественная оценка и прогнозирование воздействия внешних факторов на комплекс почвенных функций и экосистемного сервиса. Но это только часть решаемой проблемы. Для решения управленческой задачи в целом необходимо включить природную систему в управляемую и алгоритмизируемую ситуацию. Для этого воспользуемся геосистемным приближением.

Тогда в качестве объекта управления выступает комплексная геосистема, включающая в себя как однородные природно-территориальные комплексы с одинаковыми геологическим фундаментом, мезоформами рельефа и климатом (природная геосистема), так и промышленно-территориальные и иные региональные комплексы, функционирующие в едином институциональном и социальном

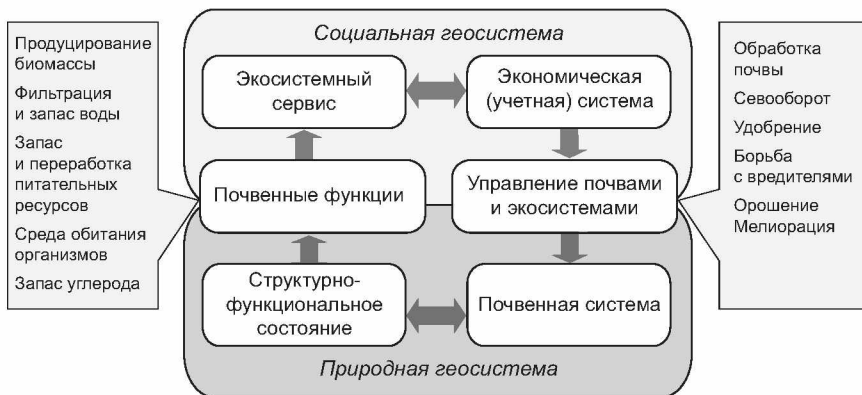


Рис. 1.7. Интерфейс между социальной и природной (почвенной) системами

климате (социальная геосистема), то необходимо между ними построить интерфейс, который затем можно будет алгоритмизировать.

На рис. 1.7 представлена концептуальная (визуальная) модель согласования эволюционных ритмов социальных и природных геосистем в виде интерфейса между социальной и природной (почвенной) системами. Отражены основные факторы, состояние, воздействие, реагирование на воздействие внешних факторов. Климат также является еще одним важным фактором для почвенной системы, который, очевидно, необходим при увеличении масштаба почвенной системы. В отличие от каскадной модели [151] здесь предлагается замкнутый управленческий контур.

Экосистема экспертами может быть концептуализирована и смоделирована двумя способами: целостно, с системой, рассматриваемой как объект (названный подход «снизу-вверх»), и механистически, с системой, рассматриваемой как связанная совокупность подсистем, каждая из которых рассматривается и моделируется целостно [175]. По названным причинам остановимся на втором способе, системотехническом. Для его реализации применим в том числе системный анализ (как системотехнический метод – связывающий управляющие сигналы с ответом управляемой системы). При этом используем также подход К. Уоллеса, который рассматривал экосистемные услуги с точки зрения человеческих ценностей и социокультурных потребностей [176].

В зависимости от местных свойств почвы внешнее воздействие может варьироваться от мелиоративного до деструктивного. То, как почвы реагируют на навязанное воздействие, зависит от множества взаимодействующих физических, химических и биологических процессов, и каждая функция почвы рассматривается как интегративное свойство, возникающее из этих взаимодействующих процессов.

Вернемся к когнитивным аспектам познания (см. рис. 1.6). Развитие концепции функций почв и их оценки нацелено на адекватный учет при принятии решений и устойчивое управление почвами. Различные почвоведческие дисциплины постепенно развивают чрезвычайно сложные методы исследования множества физических, химических и биологических процессов в почве. Однако не очевидно, каким образом постоянно улучшающееся понимание почвенных процессов может способствовать как экологической, так и экономической оценке функций почвы. Поэтому необходимо на основании анализа существующих подходов предложить *системное представление*, которое позволит обеспечить последовательную связь между редукционистскими, но наблюдаемыми (или латентными) показателями функций почвы, и детальным пониманием почвенных процессов, и социальными контекстами.

Почвы необходимо рассматривать как сложные самоорганизующиеся системы. При этом существуют «естественные свойства почвы», зависящие от исходного материала и стадии почвообразования (например, минеральный состав, текстура, морфология и т. д.), которые можно считать стабильными в масштабе лет, десятилетий или более.

В отличие от этого, существуют другие наблюдаемые свойства почвы, которые могут изменяться в короткие сроки от минут до дней в ответ на внешнее воздействие (например, содержание воды, температура, окислительно-восстановительный потенциал, микробиологическая активность), которые называются „переменными состояниями почвы“. Между этими крайностями находится категория, которую будем обозначать „функциональными характеристиками почвы“, которые могут резко изменяться в ответ на внешнее воздействие. Они имеют промежуточную временную шкалу изменений (от дней до месяцев и лет) в результате внутренних процессов и взаимодействий.

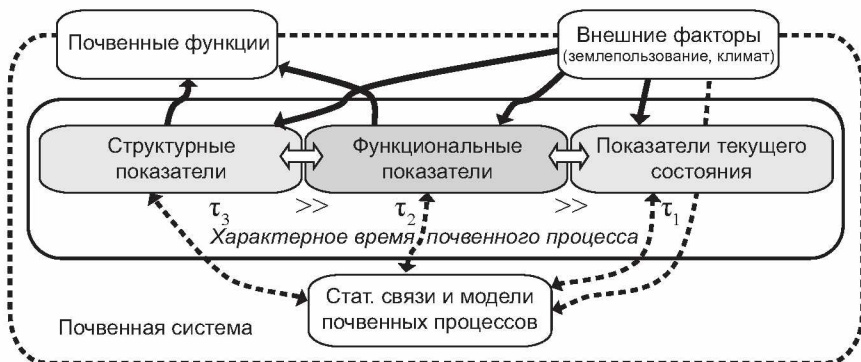


Рис. 1.8. Взаимосвязь функций почв и свойств почв, связанных с характерными для них временными масштабами

Чтобы построить сети связывающих взаимодействий (и соответствующую мониторинговую матрицу показателей), необходимо разделить почвенную систему на подсистемы, учитывая их характерное время функционирования. Такая взаимосвязь функций почв и свойств почв, связанных с характерными для них временными масштабами изменения, представлена на рис. 1.8 (продолжение нижней части рис. 1.7).

Набор функций почвы выводится из ансамбля наблюдаемых свойств почвы, чтобы замкнуть контур обратной связи (см. рис. 1.7). Такая система представлений опирается на модельные (операционные) отношения между функциональными и структурными признаками почвы и внешними данными, каждое из которых объясняется набором взаимодействующих процессов. Нелинейный характер этих взаимодействий обуславливает устойчивость и резилентность почвенной системы по разным функциональным характеристикам.

По результатам эмпирических исследований требуется ответить на вопрос, каковы наиболее релевантные и наблюдаемые свойства почв, которые обеспечивают ценную информацию об их функционировании? Исходя из рассмотрения характерных временных масштабов изменений, предполагается, что категория функциональных характеристик почв несет в себе наиболее ценную информацию о почвенных процессах. Показатели функций почв – разнообразны, но все они фактически включены в эту категорию.

Основная задача (поставленная и реализованная в рамках системотехники) состоит в том, чтобы определить подходящий набор функциональных характеристик в зависимости от шкалы ритмики изменений и вывести на их основе значимые показатели, как показано на рис. 1.8.

Сигналы (реакция почв) на внешнее воздействие проявляют существенные особенности, характерные для сложных систем, т. е. в пределах некоторого диапазона воздействия внешнего фактора почвы устойчивы к внешним возмущениям, в то время как за пределами критической точки состояние почв может перейти в иной режим. С одной стороны, вышеназванное явление требует глубокого понимания глубинных процессов и их взаимодействия. Например, потенциал почвы для хранения углерода – это не просто мера емкости некоторого накопительного пула в почве. Он зависит от типа минерального состава, а также структуры и геометрии пор. Необходимо также учитывать его временную динамику, биологическую активность в почвенной пищевой сети и динамику воды и газа. Более того, все эти особенности связаны между собой: динамика воды зависит от структуры почвы, которая формируется почвенной биотой, которая сама зависит от структурных свойств почвы с обратной связью с растительностью и т. д.

С другой стороны, системотехнический подход позволяет для анализа почвы как сложной системы интерпретировать традиционное рассмотрение типов почв как характерную комбинацию их функциональных и структурных характеристик. На этом основании проводится типологизация объектов в контексте экономики землепользования и концепта карбонового земледелия.

Почвенные функции продуцируются сложными взаимодействиями природных процессов и являются неотъемлемой частью наземных экосистем, в то время как экосистемные услуги и эффективность использования ресурсов определяются в контексте современного человеческого восприятия и могут изменяться в зависимости от социального контекста.

Для типизации структуры исследуемых объектов и оценки последствий ESG-инвестирования экономики региона воспользуемся «формальным» подходом, впервые предложенным в работе [175],

в соответствии с которым определим набор сетевых мер, применяющихся либо к количественным, либо к качественным экосистемным сетям, отражающим связи сложного объекта. Поскольку используется формальный подход, то тип объекта исследований (почва в некотором режиме ее использования) рассматривается как аттрактор (совокупность состояний свойств, которые встречаются чаще, чем другие) в многомерном пространстве состояний функциональных и структурных характеристик почвы. Аттракторы относительно устойчивы в ответ на внешнее воздействие, а почвенные процессы «притягивают» систему к данному состоянию. Таким образом, определенный набор функциональных характеристик не является рядом независимых признаков, однако, все его члены тесно взаимосвязаны, так как они имеют одну и ту же основу почвенных процессов. Взаимосвязи могут быть выведены из происходящих процессов, потому что представляют собой целостное проявление лежащих в их основе физических, химических и биологических процессов.

В этой связи статистический анализ отражает взаимосвязь между физическими, химическими и биологическими элементами почвенных систем. Исходя из гипотезы о взаимосвязи почвенных процессов и измеряемых переменных, предполагается, что измеряемые значения переменных обусловлены изменением внутренних свойств исследуемых объектов – значений латентных факторов (рассчитанных по матрице эмпирических показателей). Латентный фактор детерминирует значения наблюдаемых признаков и обуславливает наличие корреляции между ними. В случае отсутствия однозначного соответствия показателей с эмпирической переменной для отражения латентного фактора можно использовать индексный метод. Индикаторы (например, показатели, полученные методом главных компонент) состояния почвенной системы в дальнейшем могут представляться в качестве кодов классификации объектов и их состояний.

На основе полученных данных создаются математические модели и семантические конструкции, описывающие структуру отношений в экосистемах – комбинацию функциональных и структурных характеристик почв и фитоценозов в целом. Чтобы обеспечить прогноз

и оценку *устойчивости функциональности почвенной системы*, применяются различные формализмы. При этом изменение функциональных характеристик почвы и определяемых ими экосистемных функций является реакцией на применение методов управления почвой и природной системой в целом. Такое нелинейное поведение часто описывается через абстракцию экологических сетей в применении к сложным живым системам, когда анализ проводится в контексте теории информации и термодинамики [177], теории иерархий, теории сетей [175] и т. д.

Проблемой, решаемой на когнитивном переходе II, является адекватность экономической оценки экосистемных услуг. Целью **экономической оценки экосистемных услуг** является определение стоимости объекта оценки с учетом климатического и иных рисков (второй когнитивный аспект). Так в новых стандартах вводятся широкие критерии, например, в термине ESG-инвестирование «social» означает социальное развитие, т. е. эффективность использования природных ресурсов должна определяться в контексте человеческого восприятия и изменяться в зависимости от социального контекста («учет проблем и мнений местных общин» [69]) при наступлении соответствующих рисков. Однако на практике оценка земель как система мероприятий по определению их ценности делится на следующие виды [174]:

1. Оценка природно-хозяйственной значимости (бонитировка) почв.
2. Экологическая оценка почв и земель.
3. Эколого-бонитировочная оценка.
4. Экономическая оценка земель (делится на кадастровую оценку стоимости, оценку потребительной стоимости, оценку рыночной стоимости).
5. Эколого-экономическая оценка почв и земель.
6. Другие виды неэкономической и неэкологической оценки земель (агрохимическая, культурно-историческая, национальная и т. д.).

По применяемым методам расчета различаются прямая, косвенная и интегральная оценки (рис. 1.9), также проводимые без учета социальных аспектов.

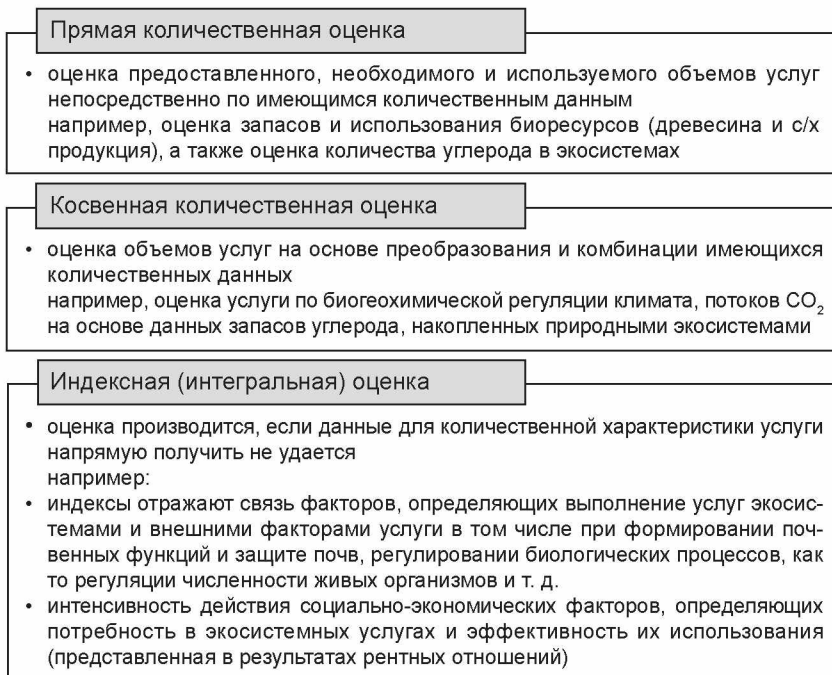


Рис. 1.9. Методы оценки экосистемных услуг

В настоящее время существует понимание необходимости формирования методологии измерения ценностей в контексте целей устойчивого развития. Переход к измерению устойчивого природопользования на основе адекватной оценки экосистемных услуг в результате изменения экономической деятельности является темой активной дискуссии [178, 179]. И сами различные подходы к оценке экосистемного сервиса также являются предметом дискуссий в экспертном сообществе [103, 180–185].

Сегодня традиционно используются микро- и макроэкономические показатели и международно признанные индексы развития, в том числе связанные с природоохранной деятельностью и экологическими проблемами, системы вспомогательных счетов (например, система эколого-экономического учета СЭЭУ), при этом плохо сочетаемые с системой национальных счетов (СНС). Обществу необходим более совершенный

статистический «компас», чтобы сместить акцент измерения экономических явлений в сторону устойчивого развития (согласно рекомендациям, подготовленным совместно ОЭСР и Статслужбой ЕС [15]).

Для гармонизации различных подходов и показателей в контексте целей устойчивого развития разрабатываются подходы к формированию системы эколого-экономического учета. В частности, упомянем методику расчета «Индекса устойчивого экономического благосостояния (*Index of Sustainable Economic Welfare, ISEW*) [186], принимающую во внимание как экологические, так и социальные аспекты экономической деятельности.

В документе «Будущее, которого мы хотим» (резолюция Генеральной Ассамблеи 66/288 [187, приложение, пункты 40 и 101]) содержится призыв применять последовательные и комплексные подходы к устойчивому развитию и обращается особое внимание на важность комплексного планирования и принятия решений на национальном, субнациональном и местном уровнях. Легитимность результатов углеродного мониторинга неизбежно повлияет на величину карбонового налога и компенсационные квоты (предназначенные для продажи). Покупая такие квоты, импортер освобождается от уплаты углеродного налога. В то же время покупка возможна только посредством международных институтов, сетевой и регулируемой инфраструктуры, обеспечивающей оборот «зеленых» активов, причем взаимодействующей только с легитимными клиентами (например, биржевым оператором).

В этой связи была предложена Система эколого-экономического учета (СЭЭУ) (*System for Integrated Environmental and Economic Accounting*), которая описывает взаимосвязь окружающей среды и экономики в увязке с системой национальных счетов (СНС). СЭЭУ – это вспомогательная система СНС, состоящая из нескольких наборов счетов. К настоящему времени разработаны таблицы потоков в натуральном выражении (ресурсов и использования) и счета активов. Основные счета для определенных ресурсов или иные виды счетов разрабатываются в тесной координации с международными учреждениями и в сотрудничестве с Лондонской группой по экологическому учету.

Совокупность активов в СНС/СЭЭУ делится на экономические и неэкономические. Если рассматривать природный капитал как экономическую модель, то достоверность моделирования зависит

от количества факторов, учитываемых моделью. В настоящее время достоверной оценке подвергаются минерально-сырьевые ресурсы [188].

Сложнее оценивать потоки парниковых газов. Потоки в стоимостном выражении описываются методами, которые согласуются с определением экономических потоков в СНС. В СНС определены два основных типа экономических потоков: операции и другие потоки. Операция – это экономический поток или такая транзакция, которая осуществляется в рамках контракта. Другие потоки – это транзакции, которые связаны с любыми действиями, направленными на изменение или сохранение стоимости активов. В операционном менеджменте для прогнозирования производства часто используют аппарат теории массового обслуживания, когда стоимость экологических активов рассчитывается через текущее количество ресурса с помощью таких показателей, как запасы, работа, находящаяся в процессе выполнения или работа временного цикла.

В Центральной основе *Системы природо-экономического учета* [189] стоимостная оценка этих активов сосредоточена на тех выгодах, которые получают экономические собственники экологических активов. В этой связи подход к измерению запасов экологических активов в стоимостном выражении согласуется с измерением экономических активов в СНС.

Ежегодно на нашей планете проводится оценка баланса углерода в рамках Глобального Углеродного Проекта (*Global Carbon Project*), объединяющего исследования ученых большинства европейских и североамериканских стран [190]. Расчет глобального бюджета углерода представляет собой разность между выделением CO_2 в атмосферу в результате сжигания топлива и изменения землепользования («источники») и поглощением CO_2 в системе атмосфера-океан («стоки») с учетом изменения общей концентрации атмосферного CO_2 за анализируемый период.

Далее в соответствии с работой [191] перечисляются конкретные институты:

- GHG Protocol (*Greenhouse Gas Protocol*) – это набор отраслевых руководств для учета выбросов парниковых газов и широко используемый международный инструмент учета, позволяющий количественно оценить выбросы парниковых газов.

- Международный стандарт ISO 14067:2018 (ГОСТ Р 56267-2014) ISO/TR 14069:2013 «Газы парниковые. Определение количества выбросов парниковых газов в организациях и отчетность. Руководство по применению стандарта ИСО 14064-1» – оценивает углеродный след продукции.
- Международный стандарт ISO 14064 на уровне организации определяет принципы и требования для оценки и отчетности о выбросах парниковых газов; включает требования к проектированию, разработке, управлению, отчетности и проверке инвентаризации парниковых газов отчитывающейся организацией; устанавливает принципы и требования, дает рекомендации по проведению количественной оценки, мониторинга и составлению документации в отношении проектов управления или сокращения выбросов парниковых газов; определяет принципы и требования, предоставляет руководство для тех, кто проводит верификацию отчетов о парниковых газах.
- Соответствующие национальные стандарты России: ГОСТ Р ИСО 14064-1-2007 «Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и удалении парниковых газов на уровне организации»; ГОСТ Р ИСО 14064-2-2007 «Газы парниковые. Часть 2. Требования и руководство по количественной оценке, мониторингу и составлению отчетной документации на проекты сокращения выбросов парниковых газов или увеличения их удаления на уровне проекта»; ГОСТ Р ИСО 14064-3-2007 «Газы парниковые. Часть 3. Требования и руководство по валидации и верификации утверждений, касающихся парниковых газов».
- Помимо перечисленных имеются и иные международные организации, стандарты отчетности и системы учета парниковых газов, например (цит. по работе [191]):
 - CDP (*Carbon Disclosure Project*) – международная некоммерческая организация, базирующаяся в Великобритании, Германии и США, которая помогает компаниям раскрывать информацию о своем воздействии на окружающую среду.
 - GRI (*Global Reporting Initiative*) – глобальная инициатива, единые стандарты и рекомендации отчетности, раскрывающие

нефинансовые показатели деятельности, часть программы интегрированной отчетности. Речь идет о стандартах отчетности в области устойчивого развития, в том числе затрагивающих вопросы углеродного регулирования.

Таким образом, существуют СНС, официальная статистическая система макроэкономических показателей, принятая на вооружение международными организациями и странами, а также существует определенная система вспомогательных счетов, менее представленных в практике. Базисный счет предназначен для ведения бухгалтерского учета и включает вневременные издержки израсходованных ресурсов в фактических ценах и прибыль при *нулевых* транзакционных издержках. Он удобен для аудита, определения налогооблагаемой базы, которая устанавливается на основе нормативных документов.

В то же время в рамках бухгалтерской и налоговой отчетности оценка земли как имущества производится в рамках оценочной деятельности имущества, способного приносить доход. В соответствии с ФСО № 2 при использовании понятия стоимости объекта оценки указывается конкретный вид стоимости, который определяется предполагаемым использованием результата оценки, а также с учетом действующих (в том числе международных) стандартов оценки.

Согласно ФСО № 2 при осуществлении оценочной деятельности используются следующие виды стоимости объекта оценки: рыночная стоимость; инвестиционная стоимость; ликвидационная стоимость; кадастровая стоимость.

В случае осуществления сделки и определения юридической судьбы объекта определяется рыночная цена активов, причем определяется в рамках оценки ликвидности при условии уравнивания спроса и предложения и максимизации капитализации дохода. Цена объекта – это денежная сумма, уплачиваемая участниками в результате совершенной или предполагаемой сделки [64]. Согласно оценочному стандарту ФСО № 2 цена может рассчитываться разными подходами [64]. При этом выбор подхода определяет оценщик. Также он вправе (но не обязан) использовать для оценки стоимости *международные стандарты* оценки природных активов. Как и что использовать, в конечном счете решает судебная практика.

Таким образом, при выборе используемых при проведении оценки подходов учитываются не только возможность применения каждого из подходов, но и цели и задачи оценки, предполагаемое использование результатов оценки, допущения, полнота и достоверность исходной информации. А сам выбор подхода является субъективным – он остается за оценщиком.

Оценочная деятельность игнорирует собственно экологические и тем более социальные аспекты. С одной стороны, СНС позволяет учитывать трансформационные издержки и рост регионального хозяйства, который является производным от комбинации следующих эффектов (проявления пространственных экстерналий):

- *масштаб производства*, проявляющийся в результате специализации производственных факторов и внедрения инноваций, ведет к снижению средних затрат за длительный период времени;
- *масштаб на транспорте* (относительно транспортных издержек) и оптимальной логистики;
- *локализация* – по мере роста объема производства появляются предприятия, которые становятся ведущей организацией в отрасли по определенной номенклатуре продукции.

С другой стороны, на разных типах объектов и разных стадиях эволюции социальных и природных геосистем формируются соответствующие эколого-экономические издержки, связанные как с трансформационными, так и с транзакционными затратами хозяйственной и природоохранной деятельности. При этом природные ресурсы можно рассматривать как важнейшие экологические активы, в отношении управления которыми выстраиваются соответствующие финансовые и эколого-экономические регуляторы. В то же время издержки и стратегии поведения поддаются регулированию в соответствии со стандартами, устанавливаемыми в мировой торговле, т. е. другое проявление пространственных экстерналий заключается в значении и действии институтов.

Согласимся с выводом работы [13], учитывая новые условия (карбоновая повестка и ESG-инвестирование), в целом отсутствует ясность в отношении истинной экономической ценности природных активов и объективных финансовых стимулов для ресурсоемких компаний.

По названным основаниям использование стоимостных оценок экономического и природного капиталов является спорным из-за сильных предположений, на которых основаны их расчеты. На практике уровень цен устанавливается ведущими бенефициарами природной ренты по результатам переговоров с потребителями продукции, получаемой из природных ресурсов, спекулятивных операций крупных игроков товарных ресурсоемких рынков. Поэтому в стандарте оценки понятие стоимости объекта оценки определено, что это наиболее *вероятная* расчетная величина [64], на которую главным образом влияет рыночная ситуация. Следовательно, сегодня востребован аналитический инструмент, который бы позволил наиболее точно произвести оценку природного актива и снизить неопределенность (оценить вероятность событий) деятельности в рамках карбонового земледелия при прогнозе соответствующих рисков (климатического, финансового и т. д.).

Обществу необходим более совершенный методолого-методический подход, который позволил бы перейти к измерению устойчивого землепользования на основе более адекватного учета роли почвенных функций, оценке потерь экосистемных услуг в результате изменения экономической деятельности и справедливой учетной политики в условиях внедрения новой рациональности, задаваемой климатической, карбоновой или иными постмодернистскими повестками.

Поскольку решается проблемная социальная ситуация, то помимо экономических критериев включаются также социальные критерии возникновения системных рисков (прежде всего оценивается устойчивость общества – резилентность). При этом надо учитывать действия регуляторов, влияющих на рыночные отношения и гражданский оборот природоресурсных активов. В отличие от традиционного подхода, рассматривающего конкурентное ценообразование и на этом основании полагающего экстерналии, внешней причиной по отношению к фирмам, к тому же не изменяет рыночную структуру, здесь и далее (в рамках **релятивистского концепта**) предполагается, что экстерналии изменяют рыночную структуру и стимулируют появление эндогенных механизмов, характерных для рыночной структуры чемберлинского типа.

Выводы к части 1

Предложен метод познания сложной системы (социальной и природной геосистем), а также концептуальный подход, который в отличие от традиционного (полагающего неизменность рыночной структуры) учитывает возникновение эндогенных механизмов, характерных для рыночной структуры чемберлинского типа (к таковым относятся ресурсные природоёмкие рынки) в рамках предложенного управленческого контура землепользования на базе легитимизации интерфейса между социальной и природной геосистемами посредством механизма социальных брендов.

Исследования землеустройства проводятся на методологической базе междисциплинарного синтеза, позволяющего анализировать сложные геосистемы. В этом случае объектом управления (соответственно, настоящего исследования) выступает уже не точечный объект, не отдельный проект землепользования, а территориальный объект, включающий как однородные природно-территориальные комплексы с одинаковыми геологическим фундаментом, мезоформами рельефа и климатом, так и промышленно-территориальные и иные региональные комплексы, функционирующие в едином институциональном и социальном климате. В представленные референт (объект познания, соотносённый с субъектом познания) и метод познания были инкорпорированы следующие конкретные теории и научные методологии:

- эколого-биологический научный комплекс: выявление закономерностей постагрогенной эволюции почв с выявлением экологических факторов, влияющих на величину эмиссии CO_2 и запаса углерода в почве, анализ основных абиотических, биотических и антропогенных факторов, влияющих на количественные характеристики пулов углерода наземных экосистем;
- мезоэкономический комплекс экономической теории: экономико-институциональный анализ ценообразования и влияющих на него факторов, а также анализ монетизации экосистемных услуг, учитывающей полезность с институциональными и социальными аспектами; инвестиционный анализ деятельности агентов

- в контексте изменения режима землепользования; формирование когнитивных и организационно-институциональных моделей, минимизирующих издержки транзакций и синхронизирующих действия агентов в новой инвестиционной реальности;
- новая экономическая география: обоснование объекта управления – социальных геосистем и функциональных зон с использованием морфогенеза – анализа процессов и причин, порождающих «рельефообразование» экономического пространства;
 - экономическая социология: анализ предпосылок для экономико-социального переустройства общества путем использования новых коммуникационных технологий (в частности, социальных брендов);
 - синергетика: расчет фундаментальных характеристик экономического пространства на основе больцмановского формализма для оценки компетенций региональной системы управления и расчета социальной ставки дисконтирования;
 - системотехника: проектирование сложных систем познания и управления с переменной структурой и применение общеметодологических принципов системного подхода (системности, комплексности, динамичности) для формирования онтологических моделей;
 - философия (методология науки): определение референта познания, компаративный анализ категориальных стилей мышления в неопозитивистском ключе для формирования твердого ядра исследовательской программы и методологических оснований для перехода от долговой (финансовой) – к реальной экономике и от «фиатной» ликвидности – к полезности;
 - математическое и имитационное моделирование: оценка монетизации экосистемных услуг на основе структурной модели экономики и теории игр при волатильности цен и инвестиционных рисках; инфографический подход к моделированию систем управления с переменной структурой;
 - стратегический анализ: прогноз рисков и последствий изменения ситуации на отраслевых природоёмких рынках и выбор стратегий агентов при изменении режимов землепользования;

– статистический и многопараметрический анализы: первичный анализ данных (эмпирических, полученных с опытных участков, и статистических – с таксонов), а также систематизация показателей и объектов методом структурной группировки.

Предложенный подход позволяет исследовать территории как инвариантные ареалы с одинаковыми социальным и экономическим климатом, институционально установленным порядком, представляющие из себя «плотное» экономическое пространство, «бурлящий котел» транзакций, цепочки системы контрактов, сетей, на которые оказывают влияние как эндогенные механизмы, так и пространственные экстерналии. Все это составляет в целом ареал *компетенций*. Регион в социокультурном смысле представляет собой ареал идентичности. При этом в отличие от традиционного подхода, рассматривающего конкурентное ценообразование и на этом основании полагающего экстерналии, не меняющими рыночной структуры, здесь предполагается, что экстерналии вызывают эндогенные механизмы, характерные для рыночной структуры чемберлинского типа, меняющие рыночную структуру. А в такой ситуации допущение *вальрасовского* макроэкономического равновесия становится не корректным. Поэтому настоящее исследование посвятили исправлению недостатка внимания к институтам, особенно к фундаментальным, образующим базис общества, имеющим отношение к рассматриваемым вопросам развития периферии, ресурсоемких производств, сельских территорий и т. д.

В данном случае используется мезоэкономический подход, учитывающий институциональное различие территорий, а также компетенций их системы управления. Это позволяет перейти к институциональным моделям, способствующим инвестиционной активности в целях адаптации к изменениям климата, повышению качества экономического роста и уровня жизни населения. При этом в новых условиях такие инвестиции нацеливаются на поддержание качества природного капитала, включая земельные ресурсы [35].

Данный подход позволил подойти к решению двух проблем устойчивости: функциональности почвенной системы и инвестиционной прогнозируемости сектора с плохой (с точки зрения финансистов) репутацией и неопределенным будущим в мире, поставившем декарбонизацию во главу угла.

Часть 2

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЧВ И СТРУКТУРУ ЭКОСИСТЕМНЫХ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА

Территория Республики Карелия характеризуется как зона рискованного земледелия [192], что связано с неблагоприятными для сельского хозяйства природно-климатическими условиями. В исторической ретроспективе это обуславливало отсутствие значительных массивов сельскохозяйственных угодий. Известно, что с начала колонизации территории и до советского периода, когда, в соответствии с идеей самообеспечения северных регионов продукцией сельхозпроизводства, создавалось большое количество в значительной мере субсидируемых колхозов. Как результат этого процесса, к 1940 году площадь сельхозугодий в Карело-Финской ССР составляла 484.3 тыс. га, в том числе 124.4 тыс. га пашни [193]. Это был период подъема сельскохозяйственного производства в Карелии, далее по различным причинам (забрасывание части угодий после ВОВ, отток населения в города, ликвидация мелких колхозов и др.) происходило снижение площади сельхозугодий и пахотных земель. В настоящее время их площадь в Карелии составляет лишь 209.8 тыс. га, в том числе 68.8 тыс. га пашни [194].

После забрасывания сельскохозяйственных угодий начинается процесс спонтанного восстановления лесного покрова [195, 196]. В Карелии площадь неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения составляет 307 тыс. га, в том числе 275 тыс. га неиспользуемых более 20 лет и уже покрытых лесом (по данным Greenpeace). В настоящее время забрасывание сельхозугодий продолжается [192]. Известно, что вышедшие из сельскохозяйственного оборота земли

могут успешно использоваться для интенсивного выращивания лесных культур [197]. Это позволяет создавать дополнительные рабочие места для местного населения, что имеет высокую социальную значимость [198]. В то же время в России принята государственная программа, предусматривающая возврат в сельскохозяйственное использование 12 млн га заброшенных земель к 2030 году.

На региональном уровне переход к карбоновой экономике предполагает планирование рационального использования земельных ресурсов. Для принятия обоснованных решений была произведена оценка углеродного бюджета различных землепользований с учетом запасов $C_{\text{орг}}$ в различных пулах, а также баланса потерь и накопления углерода исследованных участков.

2.1. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1.1. Характеристика ключевых участков

Исследования проводились в южной части Республики Карелия с развитым сельскохозяйственным производством. Климат Карелии умеренно-холодный, переходный от морского к континентальному. Почвообразование в регионе идет в основном на четвертичных отложениях Валдайского оледенения. По лесорастительному районированию изучаемая территория относится к подзоне средней тайги. Объектами исследования являлись типичные для региона землепользования: пашня, сенокос, лесные участки, находящиеся на различных стадиях восстановления лесного покрова (молодые и средневозрастные леса), а также леса без агрогенного вмешательства в прошлом (контроль). Землепользования подбирались на территориях с генетически однородными зональными и аazonальными почвами нормального увлажнения. По выбранной схеме были отобраны участки, располагающиеся в окрестностях Петрозаводска, в южном Сямозерье, вблизи населенного пункта (н/п) Эссойла и на Заонежском полуострове (вблизи н/п Толвуя). Исследованные участки расположены в Южном агроклиматическом районе, характеризующемся средними температурами января в пределах от -8 до -11 °С, июля $+16$ °С.

Продолжительность безморозного периода составляет 115–130 дней. Сумма эффективных температур за вегетационный период составляет 1500 °С при 650 мм осадков в год [199].

В окрестностях г. Петрозаводска исследования проводили на территории агробиологической станции Карельского научного центра. Здесь относительно компактно располагаются сельхозугодья, активно используемые в настоящее время (пашни, сенокос), а также постагрогенные фитоценозы (лесные сообщества различного возраста). Рельеф района исследования представляет собой моренную холмистую равнину. Почвообразующей породой является суглинистая морена разной степени завалуненности и гидроморфизма, на которой формируются типичные для региона подзолистые почвы. Для данной территории имеется архивный материал (аэрофото- и спутниковые снимки), который позволил выявить ретроспективную пространственно-временную компоновку бывших сельскохозяйственных угодий.

Исторически освоение Сямозерья носит многовековой и разноплановый характер [200]. Для района исследования характерен аккумулятивный водно-ледниковый тип рельефа, который представлен холмисто-грядовыми формами. Минеральные почвы нормального увлажнения формируются на водно-ледниковых песках, супесях и завалуненной морене и представлены подзолами иллювиально-железистыми. Согласно Плану генерального межевания Петрозаводского уезда 1802 года вблизи н/п Эссойла существовал небольшой массив пашенных угодий. В настоящее время здесь имеются как значительные площади земель, активно используемых для промышленного сельскохозяйственного производства, так и большое количество разрозненных небольших по площади участков, используемых с теми же целями местными жителями [201].

Заонежский полуостров является одним из основных сельскохозяйственных районов Карелии, согласно историческим данным его формирование произошло ранее XIV века [200]. Район характеризуется денудационно-тектоническим холмисто-грядовым рельефом, коренные породы представлены шунгитовыми сланцами. На большей части Заонежья почвообразование идет на элюво-делювии шунгитовых сланцев и шунгитовой морене, что способствует развитию специфических темноцветных почв, обладающих высоким плодородием.

На 1802 год здесь действовал крупнейший массив пахотных земель на фоне всего Петрозаводского уезда. На период максимального сельскохозяйственного освоения территории около 30 % полуострова было окультурено и использовалось в качестве сельскохозяйственных угодий (пашен и сенокосов) [202]. В настоящее время здесь ведется активное сельскохозяйственное производство, но используемые участки соседствуют с заброшенными и уже заросшими лесом.

2.1.2. Методы исследования

Почвы. На ключевых участках для каждого типа землепользования закладывались почвенные разрезы, проводилось их морфологическое описание. Названия почв даны согласно Классификации почв России [203]. В генетических горизонтах отбирались образцы в трехкратной повторности для определения плотности сложения (ρ) весовым методом, содержания органического углерода и углерода микробной биомассы. Для расчета запасов углерода в подстилках на лесных участках отбирались образцы в шестикратной повторности. Для анализа вариабельности общих агрохимических свойств и микробиологической активности в верхних минеральных горизонтах почв на каждом участке из прикопок отбирались образцы из верхнего горизонта. В почвенных образцах определяли: обменную кислотность ($\text{pH}_{\text{КСЛ}}$) потенциметрически на иономере АНИОН 4100 «Инфраспак-Аналит»; содержание органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$) методом высокотемпературного каталитического сжигания на анализаторе ТОС-L CPN «Shimadzu»; содержание общего азота ($\text{N}_{\text{общ}}$) по Кьельдалю на анализаторе азота «Buchi»; сумму обменных оснований (S) по Каппену-Гильковицу; содержание подвижного фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) по Кирсанову; гранулометрический состав по Качинскому [204].

Отбор проб почвы для микробиологического анализа проводили в начале, середине и конце вегетационного периода путем составления смешанных почвенных образцов из 9 индивидуальных проб в 3–10-кратной повторности. Для анализа использовали свежие образцы, исследовали верхний 0–15 см слой почвы. Биоразно-

образии и структуру микробного комплекса генетических горизонтов исследовали по традиционной методике посева разведений почвенной суспензии на твердые питательные среды [205]. Учитывали количество бактерий, использующих органические формы азота, на мясо-пептонном агаре (МПА), ассимилирующих минеральный азот – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофилов – на среде Эшби, олиготрофных микроорганизмов – на почвенном агаре (ПА). Микроскопические грибы подсчитывали на среде Чапека. Комплекс целлюлозоразрушающих микроорганизмов (КЦМ) изучали на среде Гетчинсона. Численность микроорганизмов рассчитывали на абсолютно сухие навески почвы (с учетом коэффициента влажности почвы) и выражали числом колониеобразующих единиц (КОЕ). Для определения направленности трансформации органического вещества рассчитывали коэффициент минерализации [206]. Для характеристики биологической активности почв в пространственно-временном аспекте устанавливали целлюлозолитическую способность почв в модельном полевом опыте *insitu*, об интенсивности процесса разрушения целлюлозы судили по убыли массы льняного полотна.

Содержание углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$) определяли методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД), которое оценивали по скорости начального максимального дыхания микроорганизмов после обогащения почвы глюкозой и инкубации в течение 1.5–2 ч при температуре 22 °С [207, 208]. Изменение концентрации CO_2 регистрировали газоанализатором NDIR-сенсор «SenseAir».

Величину СИД рассчитывали по формуле:

$$\text{СИД} = dC \times 12 \times V_{\text{флак}} \times 1000/m \times 22.4 \times t \times 100,$$

где СИД – субстрат-индуцированное дыхание, мкг С/г субстрата/час;

dC – изменение концентрации CO_2 с учетом нулевого значения, объемные %;

$V_{\text{флак}}$ – объем флакона, мл;

t – время инкубации, час;

m – масса абсолютно сухой почвы, г.

Углерод микробной биомассы рассчитывали по формуле:

$$C_{\text{мик}} = \text{СИД} \times 40.04 + 0.37,$$

где $C_{\text{мик}}$ – углерод микробной биомассы, мкг С/г почвы;

СИД – субстрат-индуцированное дыхание, мкг С- CO_2 /г почвы в час.

Растительность. Полевые исследования начинались с рекогносцировочных обследований территорий, в ходе которых подбирались постаграрные участки со сформировавшейся лесной растительностью. Далее характеристики древостоев изучались на участках прямоугольной формы, закладка которых выполнялась по ОСТ 56-69-83. Характеристики молодняков (число стволов по породам, высота, диаметр) измерялись на круговых площадках, случайным образом закладываемых внутри пробного участка, площадь единичной круговой площадки составляла 10 м². Суммарная площадь круговых площадок составляла 15 % от площади пробного участка. Перечет деревьев по породам производился по 1-см (в молодняках) и 2-см ступеням диаметра в древостоях старших возрастов, также для каждой ступени толщины была измерена высота деревьев. Возраст определялся с использованием бурава конструкции Пресслера в трехкратной повторности. На пробных площадях проводился учет валежа. Полученные данные обрабатывались в соответствии со стандартными таксационными методиками.

На каждой пробной площади проводилось геоботаническое описание и выявлялся видовой состав травяно-кустарничкового и мхово-лишайникового яруса с указанием проективного покрытия каждого вида (в процентах). Также на каждой пробной площади отбирались образцы фитомассы на 30 учетных площадках размером 30 × 30 см, затем фитомасса разделялась на функциональные группы растений (злаки, кустарнички, разнотравье, папоротники, бобовые, мхи), высушивалась до абсолютно сухого состояния и взвешивалась.

Пулы и потоки углерода. Для оценки основных экосистемных пулов углерода на исследуемых участках руководствовались рекомендациями, разработанными для лесных экосистем [209], но также учитывали фитомассу напочвенной растительности. Определяли пять основных пулов углерода: углерод почвы в слое 0–100 см; лесную подстилку; надземную фитомассу (древостой и напочвенный покров); подземную фитомассу; дебрис – сухостой и валеж.

Запасы углерода в почве (подстилке) рассчитывали для каждого генетического горизонта, затем суммировали. Запасы углерода в слое определяли по общей формуле:

$$Q = C \times h \times \rho \times (100 - s)/100,$$

где Q – запас углерода, т С/га;

C – содержание углерода, %;

h – мощность горизонта, см;

ρ – плотность сложения, г/см³;

s – содержание камней, %.

Для всех участков были смоделированы экспоненциальные кривые распределения углерода. Для расчетов использовались данные по объемному содержанию углерода, что позволяет учитывать плотность почвы. Модель вертикального распределения углерода по почвенному профилю рассчитывали по формуле [210]:

$$C = C_0 \times \exp(-k \times z),$$

где C_0 – содержание углерода у верхней границы, %;

k – коэффициент, характеризующий скорость изменения содержания углерода с глубиной;

z – глубина от поверхности, см.

На основании данных о содержании углерода и плотности сложения почв с помощью сплайн-функций (равноплощадной квадратичный сплайн) были рассчитаны и построены кривые профильного распределения объемного содержания органического углерода с шагом 1 см [211].

По запасу и плотности стволовой древесины [212] рассчитывалась ее биомасса, из которой по видоспецифичным соотношениям между морфологическими частями деревьев, полученными для древостоев соответствующего возраста, произрастающих в сходных условиях [213, 214], определялись общая и подземная фитомасса. После этого выполнялся пересчет полученных запасов фитомассы фракций на углерод. Запасы углерода в валеже определялись по методике Трейфельд, Кранкина [215] в соответствии со стадией его разложения для конкретной древесной породы.

Расчет чистой первичной продукции древесной растительности проводился по методике [216].

Для расчета запасов фитомассы сельхозугодий использовали средние многолетние данные по урожайности картофеля и луговых трав и собственные данные. Надземную фитомассу лугового сообщества рассчитывали по формуле:

$$ANP = G_{\max} \times 1.75,$$

где ANP – надземная фитомасса лугового сообщества, т/га;

G_{\max} – однократно измеренная надземная фитомасса, взятая в июле-августе, т/га.

Согласно А. А. Титляновой с соавторами [217, 218] доля надземной фитомассы (ANP) в приросте за год составляет 0.25. На долю чистой первичной продукции картофеля, приходящуюся на клубни, отводится 56 % от всей чистой первичной продукции агроценоза. Для расчета запасов фитомассы напочвенного покрова на лесных участках использовали данные для аналогичных сообществ средне-таежной подзоны [213, 219]. Подземная масса травяно-кустарничкового яруса рассчитывалась по установленным связям ее с надземной массой [213, 214] для условий сосняков и ельников Карелии. Для сосняков этот показатель (соотношение надземной и подземной массы растений) составляет 0.6, для ельников – 0.9. Годовой прирост мхов в сосняках и ельниках равен 20 %, травяно-кустарничкового яруса – 18 % в сосняках и 27 % в ельниках.

Общее дыхание почв, или эмиссию CO_2 с поверхности почвы измеряли методом закрытых камер в сезонной динамике (два раза в месяц) с мая по ноябрь. Изменение концентрации CO_2 регистрировали газоанализатором NDIR-сенсор “SenseAir”.

Баланс углерода разных землепользований рассчитывали по формуле:

$$NEP = NPP - MR,$$

где NEP – баланс углерода (net ecosystem production), т С/га год;

NPP – чистая первичная продукция (древостоя и живого напочвенного покрова) (net primary production), т С/га год;

MR – микробное дыхание (microorganism respiration), т С/га год.

Дыхание микроорганизмов рассчитывали по формуле:

$$MR = TSR (1 - RR),$$

где MR – микробное дыхание, т С/га год;

TSR – годовые потери углерода за счет дыхания почв, т С/га год;

RR – доля корневого дыхания в общем потоке CO_2 из почв, т С/га год.

Годовые потери оценены на основе полевых измерений за 128-дневный период (с мая по сентябрь). Зимние потоки оценивали на основе имеющихся многолетних данных по зависимости

летних потоков CO_2 из почв и суммарной годовой эмиссии [220]. Оценку вклада дыхания корней в общую эмиссию CO_2 из почвы проводили по литературным данным [221, 222].

Статистическая обработка данных. Соотношение между запасами углерода по пулам и свойствами почв определялось с помощью метода главных компонент и дискриминантного анализа. В качестве переменных анализа использовались показатели почвенных свойств, а группирующей переменной выступала стадия экосистемы. Анализ основан на корреляциях. Число факторов определялось по качеству представления (больше или равно 70 %). С помощью анализа главных компонент определялись собственные значения – доля от общей дисперсии, соответствующая каждой из компонент. Иерархическая классификация точек проводилась с помощью кластерного анализа по методу *k*-средних. Качество классификации оценивалось с помощью дисперсионного анализа [223, 224].

2.2. ПОЧВЫ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

2.2.1. Морфологическое строение и агрохимическая характеристика почв

На участке в районе н/п Эссоила почвы альфегумусового ряда сформированы на отложениях легкого гранулометрического состава – песчаной завалуненной морене и водно-ледниковых супесях (приложение, табл. 1). Зональной почвой под 130-летним лесом является подзол иллювиально-железистый. Агрогенная трансформация типичных подзолов приводит к образованию агроземов альфегумусовых иллювиально-железистых, представленных на участках сенокоса и молодого леса. На пашне почва сформирована на погребенном подзоле путем длительного внесения органических субстратов и отнесена к отделу стратоземов. Пост-агрогенная трансформация профиля дерново-подбура оподзоленного проявляется под зональной растительностью 65-летнего леса в виде преобразования агрогумусового горизонта в серогумусовый с признаками оподзоливания.

Почвы на участке в пределах Петрозаводска сформированы на суглинистой морене и обладают легкосуглинистым гранулометрическим составом (приложение, табл. 2). На контрольном участке 110-летнего леса развита типичная подзолистая почва с текстурной дифференциацией профиля. На пашне почва характеризуется предельной стадией агрогенной трансформации, что позволяет выделить ее в отдел агроземов текстурно-дифференцированных. На участках сенокоса и молодого леса агродерново-подзолистые почвы претерпевают частичную постагрогенную трансформацию профиля, в верхней части их текстурных горизонтов наблюдается возобновление элювиально-иллювиального процесса. Под 65-летним лесом дерново-подзолистая постагрогенная почва близка к зональным аналогам, имеет отчетливо выраженный элювиальный горизонт и постагрогенную трансформацию серогумусового горизонта.

На участке в районе н/п Толвуя представлены азональные почвы, развитые на шунгитовой морене и элювии шунгитовых сланцев (приложение, табл. 3). Для почв характерен легкосуглинистый гранулометрический состав, средняя и сильная степень каменистости и укороченный слабо-дифференцированный профиль. Под контрольным участком леса представлена серогумусовая темнопрофильная почва. Аналогичный профиль характерен для средневозрастного леса с незначительными признаками постагрогенной трансформации. На участках пашни и сенокоса почва агрогумусовая темнопрофильная с более развитым профилем и меньшей степенью каменистости. Почва на участке молодого леса не подвергалась освоению и диагностирована как литозем серогумусовый темнопрофильный.

Базовые свойства верхних минеральных горизонтов почв обусловлены особенностями минералогического состава почвообразующих пород, содержанием в них вторичных минералов и углерода. Смена землепользования оказывает наибольшее влияние на строение и свойства верхних почвенных горизонтов и вызывает сдвиг физико-химических показателей почв. Динамика основных агрохимических свойств почв при разном типе землепользования является следствием изменения направленности и скорости элементарных почвенных процессов. На исследованных нами участках кислотность почв минимальна на пашнях и сенокосах, что обусловлено окульту-

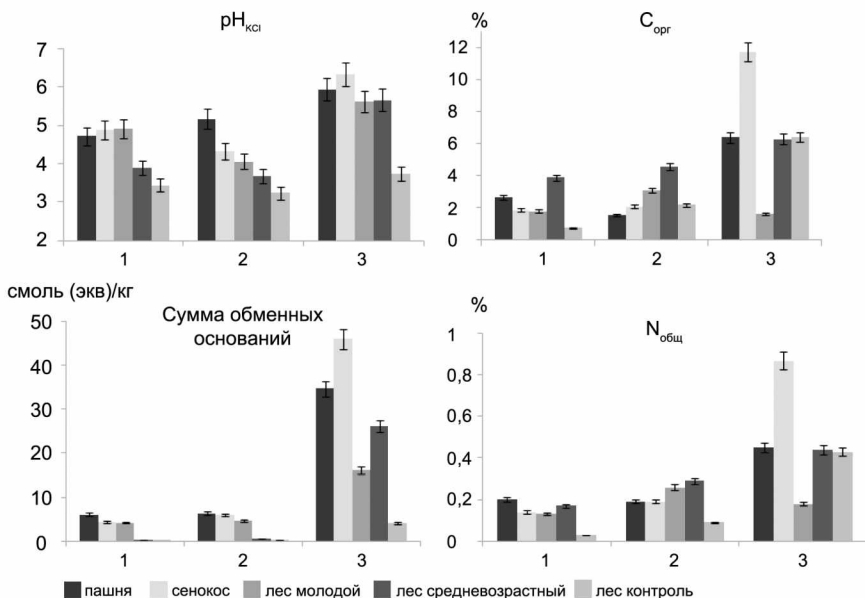


Рис. 2.1. Агрехимические показатели в верхних минеральных горизонтах (n = 6) альфегумусовых почв (1), текстурно-дифференцированных почв (2) и почв на шунгитах (3)

риванием сельскохозяйственных угодий, и максимальна в контрольных лесах благодаря развитым элювиальным процессам в лесных почвах (рис. 2.1). Для песчаных альфегумусовых почв характерны более высокие значения pH на лесных земляпользованиях и сенокосе, по сравнению с подзолистыми почвами. В целом меньшие значения кислотности характерны для почв на шунгитовых породах, где участки пашни и сенокоса имеют нейтральную реакцию среды. Данная особенность объясняется высоким содержанием обменных оснований в почвах на шунгитах, которое на порядок выше, чем в альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почвах. Сельскохозяйственное освоение почв способствует накоплению обменных оснований независимо от почвообразующей породы.

Содержание органического углерода (C_{орг}) в альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почвах находится в одинаковых

пределах. Альфегумусовые почвы обладают низким базовым содержанием углерода, и их окультуривание ведет к значительному накоплению $C_{\text{орг}}$ в верхних горизонтах по сравнению с контрольным участком леса. На лесных участках с подзолистыми почвами, напротив, содержание $C_{\text{орг}}$ выше, чем на пашне. Для альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почв характерно повышенное содержание $C_{\text{орг}}$ на участках средневозрастных лесов, поскольку в них не только сохраняется остаточный гумусовый горизонт, но и происходит накопление углерода из лесной подстилки. Шунгитовые породы богаты углеродом, это обуславливает высокое содержание $C_{\text{орг}}$ сформированных на них почв. Исключение составляет сильнокаменистый мелкопрофильный литозем на участке молодого леса, где содержание $C_{\text{орг}}$ низкое. В почвах пашни, средневозрастного и контрольного лесов на шунгитовых породах зафиксировано одинаковое содержание углерода. На участке сенокоса происходит практически двукратное увеличение $C_{\text{орг}}$ в верхнем горизонте, чему способствует развитый дерновый процесс. Содержание общего азота во всех исследованных землепользованиях пропорционально содержанию в них углерода, поскольку данные элементы взаимообусловлены. На шунгитовых почвах наименьшее содержание азота отмечено на участке молодого леса в литоземе, а максимум – на сенокосе. Под зональной растительностью на альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почвах содержание $N_{\text{общ}}$ очень незначительное, что отражает низкую скорость минерализации органического вещества в зрелых лесах.

2.2.2. Микробиологические показатели почв

Одним из важных показателей, характеризующих круговорот углерода в почвах, является содержание углерода в микробной биомассе. Микробный пул в среднем составляет 1–4 % от общего запаса органического углерода почв [225–228]. Данная часть углеродного пула играет важную роль в превращениях всех биогенных элементов, осуществляя процессы минерализации и разложения высокомолекулярных органических соединений в почве. Микробная биомасса считается наиболее лабильным компонентом органического

вещества, в первую очередь реагирующим на изменения окружающей среды и отражающим тренд накопления или минерализации органического вещества почвы и служит индикатором трансформации и деградации почв [229–231].

Исследования содержания углерода микробной биомассы почв ($C_{\text{мик}}$) показали, что в большинстве случаев $C_{\text{мик}}$ имеет тенденцию, аналогичную изменению содержания органического углерода (рис. 2.2). Наибольшее количество $C_{\text{мик}}$ приурочено к верхним гумусовым горизонтам и сокращается вниз по профилю почвы. В лесных почвах, на поверхности которых формируется лесная подстилка разной мощности, профильное содержание этого показателя изменяется на несколько порядков, поскольку развитие почвенного микробного сообщества, связанное с изменением содержания микробной биомассы, является важной частью сукцессионного процесса [229].

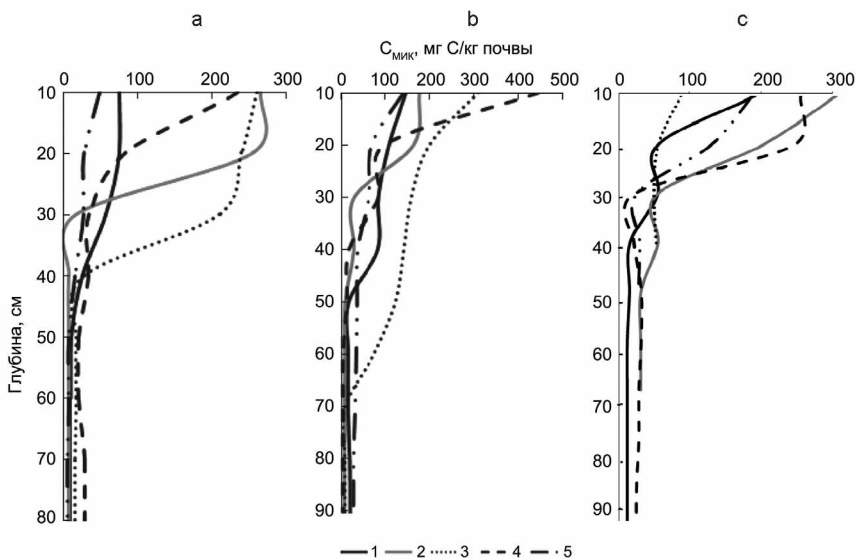


Рис. 2.2. Профильное распределение содержания углерода микробной биомассы в почвах разных категорий землепользования:

1 – пашня; 2 – сенокос; 3 – молодой лес; 4 – средневозрастный лес; 5 – контрольный лес. Почвы: а – текстурно-дифференцированные; б – альфегумусовые; с – шунгитовые

В минеральном 0–20 см слое почв разных землепользований большое влияние на количественное содержание $C_{\text{мик}}$ оказывает тип почвы. Наиболее заметные изменения почвенных свойств охватывают главным образом старопашотную толщу почвы. Высокое содержание углерода микробной биомассы (до 300 мг С/кг почвы) в верхнем 20-см минеральном слое почв сельхозугодий приурочено к шунгитовым почвам. Поверхностный горизонт этих почв, густо заросший травянистыми растениями, формирует дернину, которая аккумулирует значительные запасы углерода микробной биомассы (250–560 г/м²).

Вторичная залежная сукцессия индуцирует заметный рост содержания углерода микробной биомассы, который наиболее выражен в верхнем слое гумусового горизонта почв [229, 232]. На участках сенокоса, молодого и средневозрастного лесов на текстурно-дифференцированных почвах содержание $C_{\text{мик}}$ составляет около 250 мг С/кг почвы. В верхних горизонтах альфегумусовых почв содержание $C_{\text{мик}}$ максимально под 65-летним (447.1 мг С/кг) и 15-летним (312 мг С/кг) лесами. Известно, что с увеличением возраста вторичных лесов замедляется нарастание содержания углерода микробной биомассы в почве [229, 233]. В почвах контрольных лесов показатели $C_{\text{мик}}$ ниже и составляют 49.5–144.3 мг С/кг.

Анализ эколого-трофической структуры микробоценоза почв различных категорий землепользования показал, что наиболее высокие показатели содержания микроорганизмов, утилизирующих продукты трансформации органического вещества, характерны для почв пашни и сенокоса (рис. 2.3).

Это свидетельствует о более глубокой минерализации органического вещества в исследуемых почвах. В почвах, сформировавшихся под лесом, численность микроорганизмов, осуществляющих трансформацию органических соединений, несколько ниже, поскольку кислый опад хвойных растений может оказывать ингибирующее влияние на микробоценоз, активность которого снижается. В пахотных почвах и почвах, сформировавшихся под сенокосом, численность олигонитрофилов высокая. Это свидетельствует о создании благоприятных условий для несимбиотической азотфиксации, которая служит одним из важных источников пополнения азотного пула почв.

Изменение структуры и состава микробного сообщества выражается в изменении численности микроорганизмов, осуществляющих минерализацию органических соединений (см. рис. 2.3). Выявлено увеличение численности комплекса целлюлозоразрушающих микроорганизмов и их функциональной активности в почвах различных категорий землепользования в ряду по возрастанию: контрольный и средневозрастной лес – молодой лес – сенокос – пашня.

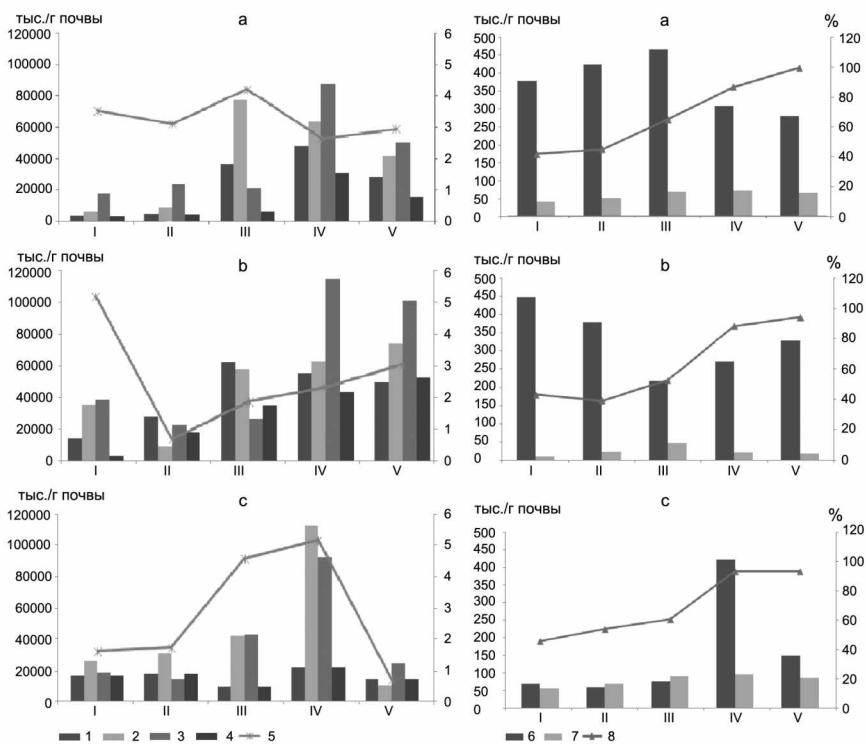


Рис. 2.3. Эколого-трофическая структура микробного сообщества почв:

1 – бактерии, утилизирующие $N-NH_2$; 2 – бактерии, использующие $N-NH_4$; 3 – олигонитрофилы; 4 – олиготрофы; 5 – индекс минерализации и иммобилизации азота; 6 – численность микроскопических грибов; 7 – численность комплекса целлюлозоразрушающих микроорганизмов; 8 – его функциональная активность. Тип землепользования: I – лес, контроль; II – средневозрастной лес; III – молодой лес; IV – сенокос; V – пашня; Почвы: а – текстурно-дифференцированные; б – альфегумусовые; с – шунгитовые

Отмеченные показатели численности исследуемых эколого-трофических групп микроорганизмов не противоречат общим закономерностям строения микробсообщества почв для данной природно-климатической зоны и не выходят за рамки природной variability. Для условий Карелии характерно невысокое поступление солнечной энергии в экосистему, которое не обеспечивает длительное развитие микробного сообщества и его высокую активность. При изменении режима землепользования происходит перегруппировка микробного сообщества, что отражается на его структуре. Последнее хорошо иллюстрируется тернарным графиком средних показателей численности микроорганизмов, осуществляющих круговорот углерода и азота в почвах лесных и агроэкосистем (рис. 2.4).

На рисунке виден сдвиг центра наибольшей численности микроорганизмов в сторону бактерий, осуществляющих минерализацию на более поздних этапах, при этом выделяются именно почвы агроферы. Последнее, как отмечено выше, оказывает более выраженное влияние на свойства почв и их плодородие.

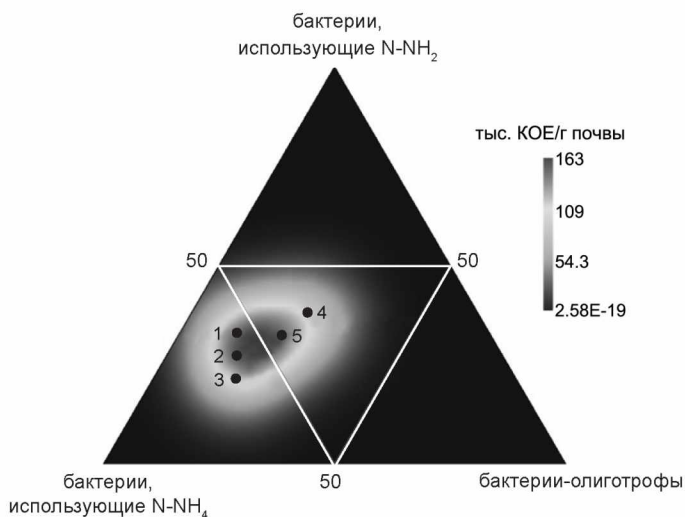


Рис. 2.4. Распределение микроорганизмов исследуемых эколого-трофических групп в пространстве факторов среды

1 – лес молодой, 2 – сенокос, 3 – контроль, 4 – лес средневозрастной, 5 – пашня

2.2.3 Характеристика древостоев

Общей чертой изученных молодняков является преобладание лиственных пород по запасу стволовой древесины и количеству стволов, однако, эти сообщества значительно отличаются по набору таксационных признаков (табл. 2.1). По показателю количества стволов выделяется 20-летний злаково-разнотравный березняк (20.5 тыс. ст/га), другие два молодых древостоя характеризуются примерно равным количеством стволов на единицу площади, составляющим около 11.3 тыс. ст/га. Такая значительная разница связана с присутствием в составе 20-летнего злаково-разнотравного березняка большого количества экземпляров ивы, занимающей в нем лидирующие позиции, как по количеству стволов, так и по запасу стволовой древесины. В составе всех трех исследованных молодняков присутствуют ольха, ива и береза в разных пропорциях.

До настоящего времени остается не до конца ясным, какие факторы определяют видовой состав древесных растений после забрасывания участка в ходе его первичной колонизации [234]. В небольшом количестве в составе древесного яруса изученных сообществ имеются хвойные породы (сосна и ель). Быстрый рост и другие конкурентные преимущества [235] лиственных пород, возобновившихся на забрасываемом угодье, усложняют как возобновление хвойных, так и их произрастание на данных участках. Это обуславливает значительное отставание хвойных пород от лиственных по показателям среднего диаметра и средней высоты. Скорость роста лиственных пород и благоприятные почвенные условия определяют высокую продуктивность изученных молодых сообществ.

К возрасту 65 лет в значительной мере завершен процесс самоизреживания древостоев. Средневозрастные древостои отличаются составом, который более приближен к зональным сообществам. Ведущую роль в них играют хвойные породы, как по запасу, так и по количеству стволов, а доля лиственных пород значительно снижена, по сравнению с молодняками. К этому возрасту древостои уже проходят стадии сукцессии, связанные с наивысшей внутри- и межвидовой конкуренцией, что выражается в высокой доле отпада и, соответственно, в значительно меньшем количестве стволов

Таблица 2.1. Таксационная характеристика древостоев

Почвы	Возраст	Древесная порода	Запас, м ³ /га	Число стволов на 1 га	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Сумма площадей сечений, м ² /га	
Альфегумусовые	15	Ольха	154.7	6400	7.3	10.4	26.5	
		Береза	21.2	2200	4.8	8.1	3.9	
		Ива	7.5	2700	2.7	5.7	1.5	
		Сосна	0.5	20	3.0	3.8	0.2	
	65	Сосна	143.3	250	26.5	21.0	13.8	
		Ольха	51.1	1510	8.9	8.0	9.4	
		Рябина	41.7	870	9.5	8.4	6.2	
	130	Сосна	230.3	738	21.0	17.9	25.6	
		Ель	59.5	1155	8.8	9.8	7.0	
		Береза	19.8	307	10.3	12.6	2.5	
	Текстурно-дифференцированные	20	Ива	77	11167	4.4	6.4	16.6
			Береза	56.1	8750	3.9	8.1	10.2
Ольха			15.6	667	7.7	8.9	3.1	
65		Ель	193	1444	14.6	13.9	24.1	
		Ольха	37.7	222	17.6	14.8	5.4	
		Осина	29.2	44	31.4	18.3	3.4	
		Береза	15.6	44	23.7	17.2	2.0	
		Рябина	9.3	267	8.6	10.4	1.6	
		Ива	4.1	44	13.8	13.5	0.6	
110		Ель	459	575	28.5	27.3	36.8	
		Береза	17.5	71	17.3	23.3	1.7	
		Осина	3.27	4	31.9	25.0	0.3	
Шупнитовые		17	Сосна	49.3	2833	7.1	7.0	11.2
	Ольха		63.1	6333	5.2	7.7	13.6	
	Береза		6.5	1417	3.4	7.0	1.3	
	Ель		1.2	250	4.2	4	0.4	
	Ива		0.2	500	1.4	2	0.1	
	70	Сосна	205.3	420	25.2	21.6	21.0	
		Ольха	1	10	13.0	9.9	0.1	
		Ель	39.1	97	22.8	19.5	3.9	
		Береза	10.8	43	18.7	20.6	1.2	
		Рябина	2.5	203	5.8	8.4	0.5	
		Ива	0.4	13	8.9	8.5	0.1	
	70	Сосна	280	692	24.2	18.1	31.8	

на единице площади. Доминирующее положение в древостоях занимают основные лесообразующие породы таежной зоны, но присутствуют и древесные породы, не являющиеся лесообразователями, такие как ольха, ива и даже рябина, хотя их доля в целом невелика. Древостои по-прежнему имеют высокий темп накопления биомассы, это позволяет утверждать, что постагрогенное увеличение продуктивности сохраняется в данных условиях до достижения древостоями возраста в 65–70 лет.

Лесные сообщества, которые были отобраны как контроль, произрастают на участках, не несущих следов использования в исторической ретроспективе в качестве сельхозугодий. Для контрольных древостоев характерен состав, схожий с «классическими» лесными сообществами таежной зоны Карелии. Это доминирование хвойных пород и незначительное участие (или полное отсутствие) лиственных, доля которых по запасу не превышает 7 %, а по количеству стволов 16 %. По продуктивности данные древостои соответствуют типам местообитаний, где они произрастают, то же можно сказать и по запасам стволовой древесины, накопленных в них.

2.2.4. Видовой состав и структура живого напочвенного покрова

Характеристика видового состава напочвенного покрова ключевых участков приведена в приложении, табл. 4. Исследование лугов и лесных сообществ на разных стадиях восстановления после сельскохозяйственного использования показало, что каждая стадия сукцессии отличается характерными особенностями видового состава сосудистых растений, набором доминирующих видов и видов-индикаторов, а также обладает определенным спектром участия функциональных групп растений в общей надземной фитомассе напочвенного покрова. На ранних стадиях восстановления (на лугах и в лиственных молодняках) в условиях альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почв количество видов сосудистых растений в среднем выше, чем в средневозрастных и контрольных лесах (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Количество видов сосудистых растений на пробных площадях

Виды / Участки	Альфегумусовые почвы				Текстурно-дифференцированные почвы				Шунгитовые почвы			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Стадийное сообщество												
Общее количество видов	35	28	17	9	18	29	17	15	19	36	49	31
Адвентивные виды	10	8	1	0	5	3	0	0	8	12	10	6
Апофиты	22	8	4	1	10	10	3	2	11	16	17	15
Синантропные виды	32	16	5	1	15	13	3	2	19	28	27	21
Доля синантропных видов	0.91	0.57	0.29	0.11	0.83	0.45	0.18	0.13	1.00	0.78	0.55	0.68

Примечание. 1 – луг; 2 – молодой лес; 3 – средневозрастный лес; 4 – лес, контроль.

На шунгитовых почвах наибольшее видовое разнообразие сосудистых растений отмечено в молодняке и в средневозрастном насаждении. Оба лесных сообщества находились возле грунтовой дороги в пределах населенного пункта, что, вероятно, повлияло на количество обнаруженных в них видов растений.

В ряду растительных сообществ от луга до контрольного хвойного леса происходит смена доминирующих видов напочвенного покрова. На лугу напочвенный покров сложен преимущественно злаками. На стадии молодняков обилие злаков остается высоким, но также появляются лесные кустарнички и типичные лесные травянистые растения, например, *Maianthemum bifolium*. Характерной особенностью средневозрастных лесных сообществ, произрастающих на бывших сельскохозяйственных угодьях в условиях альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почв, является большое участие папоротников в напочвенном покрове наряду с лесными кустарничками (*Vaccinium myrtillus*) и типичными лесными травами, например, *Oxalis acetosella*. В контрольных лесах преобладают лесные кустарнички *V. myrtillus* и *V. vitis-idaea*. Такая смена видового состава

растений напочвенного покрова отражает качественные изменения природной среды и характеризует направление постагрогенного развития растительных сообществ.

Для условий агроценозов и лиственных молодняков характерно произрастание заносных и положительно реагирующих на антропогенные нарушения видов (см. табл. 2.2), а также растений, требовательных к почвенному плодородию (*Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis*, *Urtica dioica*, *Dactylis glomerata*, *Rumex acetosa*), и других. Типично лесными видами, встречаемыми под пологом средневозрастных и контрольных хвойных лесов, являются *Rubus saxatilis*, *M. bifolium*, *O. acetosella* и орхидея *Goodyera repens* – индикатор старовозрастных лесов [236].

Результаты измерения надземной фитомассы дополняют и уточняют данные, полученные при изучении флористического состава. Соотношение групп растений в сложении надземной фитомассы сосудистых растений представлены на рис. 2.5. На лугах и в молодых лесах наибольший вклад в надземную фитомассу напочвенного покрова вносят растения группы злаков и разнотравья. В средневозрастных сообществах наблюдается наибольшее разнообразие вариантов развития. На альфегумусовых почвах продолжается увеличение роли

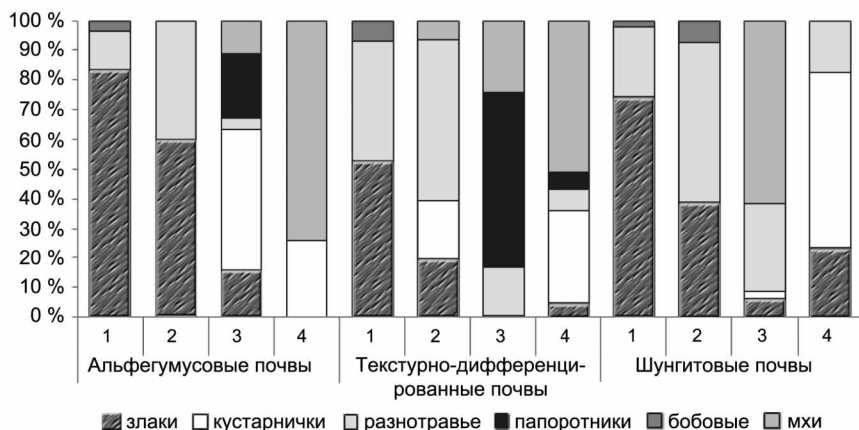


Рис. 2.5. Соотношение групп растений

в сложении надземной фитомассы сосудистых растений:

1 – луг; 2 – молодой лес; 3 – средневозрастный лес; 4 – лес, контроль

лесных кустарничков (*V. myrtillus* и *V. vitis-idaea*) и уменьшение доли злаков, заметно участие папоротников (*Pteridium aquilinum*), являющихся индикатором антропогенного нарушения среды [236].

На текстурно-дифференцированных почвах в средневозрастном ельнике основу надземной фитомассы составляют папоротники и разнотравье, в основном *O. acetosella*. На шунгитовых почвах основной вклад в надземную фитомассу напочвенного покрова средневозрастного сосняка вносят виды разнотравья и виды мхов (*Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens*). В контрольном лесном сообществе в разных почвенных условиях в напочвенном покрове преобладают лесные кустарнички (по фитомассе от 60 % и более от всего травяно-кустарничкового яруса) и мхи. Доля мхов в контрольных лесах может равняться доле всего травяно-кустарничкового яруса или превышать ее почти в три раза.

На основе данных по проективному покрытию видов напочвенного покрова и надземной фитомассе групп растений выявили, что наибольшее сходство наблюдается в растительных сообществах, находящихся на одной стадии восстановления после антропогенного нарушения вне зависимости от эдафических условий произрастания.

2.3. ПУЛЫ И ПОТОКИ УГЛЕРОДА ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

2.3.1. Структура запасов почвенного углерода

При оценке запасов углерода в почвах большинство исследователей делают упор на поверхностный слой, где аккумулируется большая часть органического углерода [237]. Однако в ряде работ [238, 239] показано, что большие запасы углерода накапливаются и на больших глубинах. Поэтому необходимо знание содержания углерода не только в поверхностном, но и в нижележащих горизонтах. Содержание органического углерода в минеральных почвах обычно уменьшается с глубиной. Вертикальное распределение углерода обусловлено формированием подстилки на поверхности почвы, распределением корней растений и почвенных организмов, которые также концентри-

руются в верхних слоях почвы. В целом на превращения органического вещества влияет ряд факторов и процессов, которые, как ожидается, будут более активными вблизи поверхности почвы.

Для всех исследованных участков были смоделированы экспоненциальные кривые. Коэффициенты моделей исследованных участков представлены в табл. 2.3. Коэффициент k зависит от типа почв и климатических условий, наличия антропогенного воздействия, гранулометрического состава почвы и других факторов. Как видно из таблицы, максимальные значения коэффициентов зафиксированы для молодого леса, а наименьшие значения коэффициента k характерны для пахотных почв. Под влиянием окультуривающих факторов, главным образом внесения больших количеств органических удобрений, в сельскохозяйственных почвах формируется пахотный горизонт, содержащий довольно большое количество органического углерода. Благодаря периодическим обработкам пахотный горизонт гомогенный, в результате чего высокое содержание $C_{орг}$ наблюдается и на глубине до 30 см, следовательно, распределение углерода по профилю пахотных почв более равномерное.

На участках с альфегумусовыми почвами значения коэффициентов k , по-видимому, связаны со строением профиля и гранулометрическим составом почв. На участке под средневозрастным лесом происходит резкое изменение содержания углерода на границе между не очень мощным (10 см) гумусовым горизонтом с высоким содержанием углерода и подстилающей породой – песчаной мореной с очень низким содержанием углерода. Участок под молодым лесом наоборот характеризуется низким содержанием углерода в гумусовом горизонте (средняя

Таблица 2.3. Параметры моделей профильного распределения органического углерода

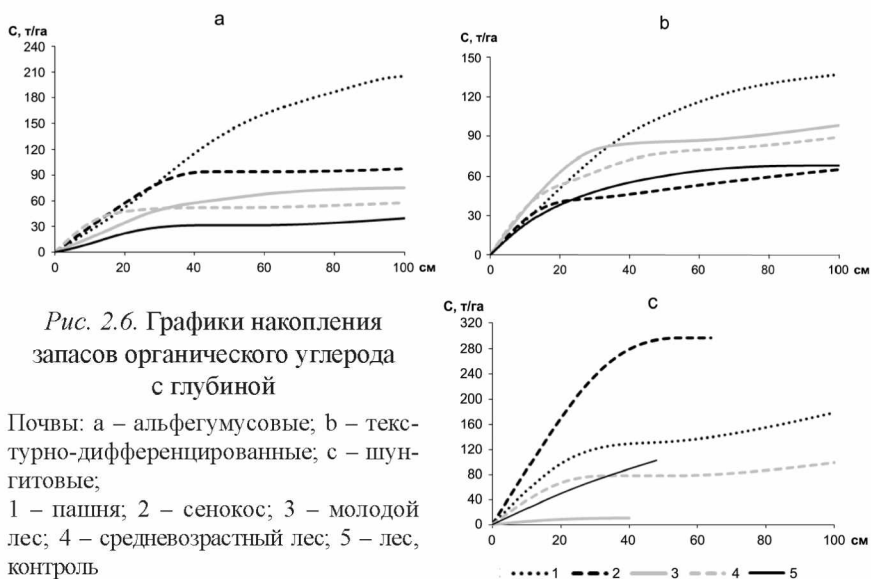
Землепользование / Почвы	Альфегумусовые		Текстурно-дифференцированные		Шунгитовые	
	C_0	k	C_0	k	C_0	k
Пашня	32.50	0.94	33.41	2.15	66.42	3.58
Сенокос	51.48	4.73	34.41	5.50	198.01	5.41
Лес молодой	22.49	2.82	59.42	5.98	–	–
Лес средневозрастный	59.58	10.96	43.96	4.94	80.04	8.90
Лес контроль	17.31	4.53	30.32	4.38	–	–

часть пологого склона – возможно вымывание). За счет того, что почва сформирована на озерно-ледниковых супесях, в нижней части профиля сохраняется достаточное количество углерода и профильное распределение ближе к равномерному. На участках с текстурно-дифференцированными почвами самые высокие значения k отмечены для участков на лугу и в молодом лесу. По мере увеличения возраста леса значения коэффициента k снижаются. Возможно, это связано с общим уменьшением содержания углерода в верхнем гумусовом горизонте. В этом случае накопление $C_{\text{орг}}$ происходит за счет формирования органического горизонта – подстилки (этот горизонт в модель не включен). На участке с шунгитовыми почвами значения коэффициента k возрастают в ряду пашня – луг – средневозрастной лес. Однако следует отметить, что профили под молодым и контрольным лесами состояли всего из двух горизонтов, поэтому адекватно подобрать модель не удалось.

Для моделирования варьирования почвенных свойств с глубиной используются различные педометрические методы [210, 240]. Варьирование почвенных свойств по профилю обычно рассматривается как непрерывное. В типичном почвенном профиле первые несколько сантиметров имеют очень высокое содержание органического углерода. С глубиной это содержание резко уменьшается (нелинейное изменение). Чаще всего такое изменение моделируется с помощью экспоненциальной функции [210, 241, 242]. Подобное утверждение справедливо для большинства почв. Так, в минеральных почвах наиболее богат органическим веществом перегнойно-аккумулятивный (гумусовый) горизонт, содержащий от < 1.0 (подзолы, почвы пустынь) до $6\text{--}8\%$ $C_{\text{орг}}$ (черноземы, рендзины, луговые почвы). Вниз по профилю количество органического вещества уменьшается по сравнению с гумусовым горизонтом в несколько раз. Во всех указанных моделях априори считается, что почвы характеризуются аккумулятивным профильным распределением гумуса [243], что справедливо для большинства почв, которые либо исходно имеют аккумулятивное вертикальное распределение органического вещества в профиле, либо приобретают его за счет формирования пахотного горизонта, обогащенного органическим веществом. Однако для некоторых почв эти условия нарушаются. В почвах со сложным гумусовым профилем, т. е. имеющим изначально элювиальное или элювиально-иллювиальное распределение, возможен второй максимум

содержания гумуса в средней части профиля. К таким почвам относятся иллювиально-гумусовые подзолы, разнообразные почвы со вторым гумусовым горизонтом и так далее. Кроме того, существуют синлитогенные почвы, например, аллювиальные, в которых исходное вертикальное распределение содержания органического углерода в профиле неравномерно. Это следует учитывать при моделировании запасов углерода в почвах по его содержанию в поверхностном горизонте.

Моделирование с помощью экспоненциальных функций хоть и облегчает вычисления запасов, но в то же время является достаточно грубым приближением. Метод локальной интерполяции сплайнами позволяет задавать значения почвенных свойств на стандартных глубинах. Полученные данные можно использовать для вычисления средних значений показателей не по горизонтам, а по отдельным почвенным слоям. С помощью сплайн-функций были рассчитаны и построены кривые изменения запасов углерода с глубиной. Построенные графики позволяют сравнивать запасы на одной и той же глубине для разных типов почв или для разных типов землепользования, а также оценивать скорость накопления углерода с глубиной (рис. 2.6).



Из графиков, видно, что на пашне на протяжении всей глубины происходит постепенное накопление запасов органического углерода. В случае молодого леса максимальное накопление углерода происходит в пределах верхних 30 см, а с глубиной скорость накопления резко снижается.

Наибольшие запасы органического углерода в метровом слое почвы получены для пашни. Несмотря на то, что среднее содержание углерода в верхнем горизонте пашни достаточно низкое, за счет мощного гумусового горизонта и его высокой плотности, а также регулярного внесения удобрений, запасы углерода выше, чем в остальных типах землепользования. На сенокосах с зональными почвами запасы углерода в метровом слое почвы невелики. В молодом и средневозрастном лесах запасы $C_{\text{орг}}$ имеют средние показатели, а в контрольных сообществах запасы углерода в метровом слое минеральной толщи минимальны. Здесь накопление органического вещества идет главным образом за счет формирования подстилки. Общие запасы углерода почвы в слое 0–100 см и подстилки (там, где она есть) близки по значению практически для всех лесных землепользований (рис. 2.7).

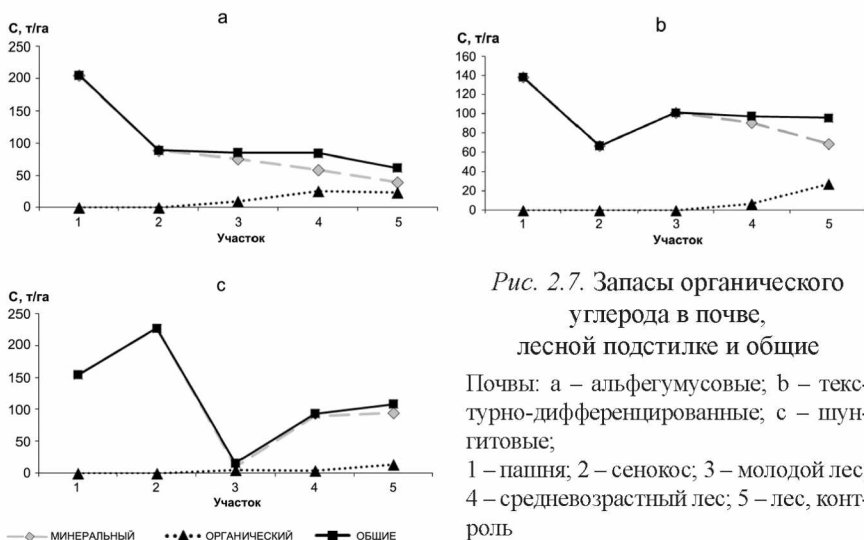


Рис. 2.7. Запасы органического углерода в почве, лесной подстилке и общие

Почвы: а – альфегумусовые; б – текстурно-дифференцированные; с – шунгитовые; 1 – пашня; 2 – сенокос; 3 – молодой лес; 4 – средневозрастный лес; 5 – лес, контроль

Как правило, при оценке запасов углерода исследователи ограничиваются определенной мощностью почвенной толщи. Это может быть только поверхностный горизонт (0–30 см) либо нижнюю границу измерений устанавливают на глубине 1 м. Расчет запасов углерода на различных глубинах (согласно Global Soil Map), а также оценка вклада этих слоев в общие запасы углерода метровой толщи представлены на рис. 2.8.

Согласно [244] в среднем запасы органического углерода в верхнем 30-см слое составляют примерно 50 % от запасов в метровой толще. Наши исследования показали, что такое соотношение характерно для пашни. В пахотных почвах за счет большой мощности пахотного горизонта на долю поверхностного горизонта приходится меньше углерода. В лесных почвах, напротив, основная часть запасов $C_{орг}$ (больше 70 %) сосредоточена в поверхностном горизонте. Сопоставление запасов углерода в слое 0–20 см с запасами в слое 0–100 см дает различные величины в зависимости от типа распределения гумуса по профилю различных почв, которое весьма неодинаково [245].

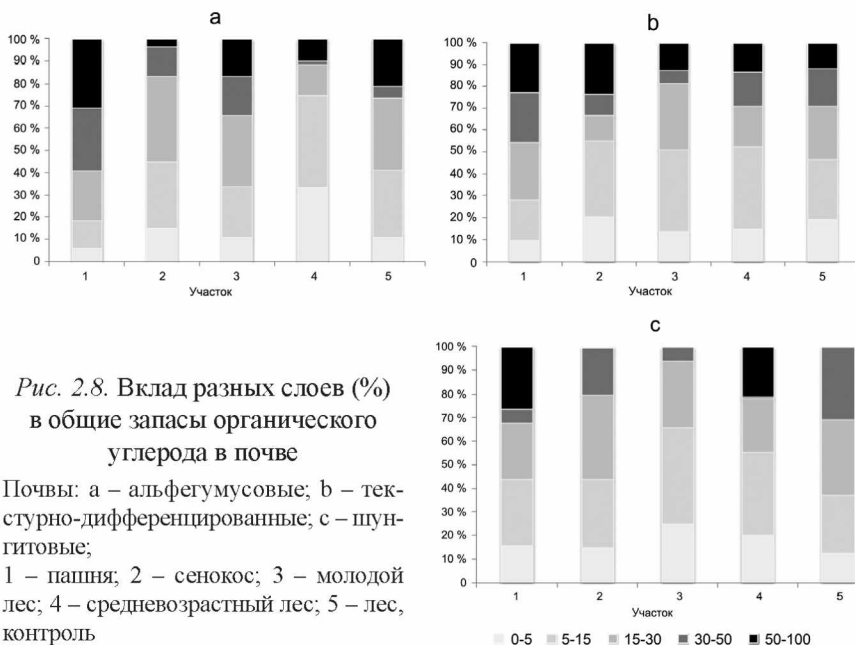


Рис. 2.8. Вклад разных слоев (%) в общие запасы органического углерода в почве

Почвы: а – альфегумусовые; б – текстурно-дифференцированные; в – пунгитовые; 1 – пашня; 2 – сенокос; 3 – молодой лес; 4 – средневозрастный лес; 5 – лес, контроль

2.3.2. Общий углеродный бюджет землепользований

Для общих экосистемных запасов углерода, складывающихся из пяти пулов (рис. 2.9), характерен значительный разброс значений от 74 до 272 т С/га. В пределах почвенной серии на содержание углерода оказывает влияние тип землепользования и количество произрастающей на участке фитомассы. Отличия в содержании углерода между участками одинаковых землепользований на различных почвообразующих породах обусловлены базовым плодородием и содержанием углерода в почве, а также особенностями породы.

На участках с текстурно-дифференцированными почвами (рис. 2.9, b) общие экосистемные запасы углерода имеют структуру, типичную для таежной зоны [246, 247], где запас углерода максимален в лесных экосистемах. Наибольшая скорость накопления

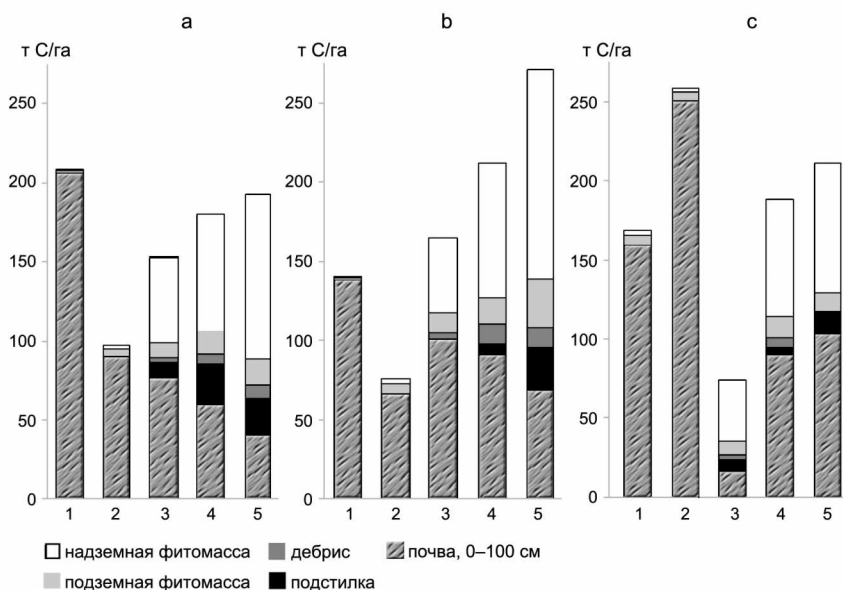


Рис. 2.9. Общие экосистемные запасы углерода и вклад каждого пула

Почвы: а – альфегумусовые; б – текстурно-дифференцированные; с – шунгитовые; 1 – пашня; 2 – сенокос; 3 – лес молодой; 4 – лес средневозрастный; 5 – лес, контроль

углерода приходится на время активного формирования древесного яруса [248] и запас составляет от 165 до 272 т С/га. В лесных экосистемах на альфегумусовых почвах (рис. 2.9, а) содержание углерода несколько ниже – 152–193 т С/га. Здесь, как и на подзолистых почвах отмечена линейная зависимость запасов фитомассы от возраста древостоя [249, 250]. Древесная растительность молодых и средневозрастных лесов характеризуется высокой продуктивностью и классом бонитета [251], что обусловлено более благоприятными для роста леса почвенными свойствами бывших сельхозугодий [252, 253]. В зрелых лесах на зональных почвах порядка 50–60 % углерода участка приходится на растительную фитомассу. В молодых лесах на фитомассу растительности приходится около 40 % углерода. Доля подземной фитомассы в лесных землепользованиях составляет в среднем 7–11 %. Известно, что значительный вклад в углеродный бюджет лесов вносят связанные с растительностью пулы мертвого органического вещества дебриса и подстилки [254]. Доля углерода дебриса и подстилки увеличивается последовательно от молодого к спелому лесу и составляет в среднем 2–5 % для дебриса и 5–12 % для подстилки. На альфегумусовых и текстурно-дифференцированных почвах в исследуемом ряду землепользований соотношение углерода почвы к суммарным запасам углерода всех пулов участка последовательно уменьшается. Доля почвенного углерода составляет 50–60 % под молодым лесом, 30–40 % под средневозрастными лесами и до 20–25 % под контрольными участками. Данный тренд является характерным для таежной зоны [247, 255].

В азональных почвах на шунгитовых породах (рис. 2.9, с) в структуре экосистемных запасов углерода наблюдаются значительные отличия от зональных типов. Серогумусовые почвы имеют высокое базовое содержание углерода [256], так на контрольном участке леса содержание углерода почвы составляет 103 т С/га, что в 1.5–2.5 раза выше, чем под лесом на подзолах и подзолистых почвах. Доля почвенного углерода на участках средневозрастного и контрольного лесов составляет около 50 %, это значительно превышает долю на аналогичных участках с зональными почвами. В серогумусовых почвах прослеживается отмеченная ранее

линейная зависимость запасов фитомассы от возраста древостоя, а также закономерности накопления подстилки и дебриса в лесах. Особенностью шунгитовых почв является сильная каменистость и укороченный профиль, зачастую подстилаемый плотной породой. Поэтому значительное влияние на запасы углерода в почвах на шунгитах оказывает окультуривание и удаление камней из почвы. Так, участок молодого леса, произрастающий на маломощном сильнокаменистом литоземе, который не подвергался окультуриванию, имеет самые низкие запасы почвенного углерода. Напротив, на окультуренных участках сельскохозяйственных угодий запасы углерода максимальны.

В целом для сельскохозяйственных землепользований общей особенностью, отмеченной и другими исследователями [246], является высокая доля почвенного углерода в общих экосистемных запасах углерода участков. Она составляет 94–98 % для пашни и 88–97 % для сенокоса. На участках пашни накапливается от 138 до 206 т С/га углерода. На альфегумусовых почвах запасы $C_{\text{орг}}$ на пашне максимальны и превышают запасы на контрольном участке леса. В зональных почвах под сенокосами зафиксированы наименьшие общие запасы углерода – 76 и 96 т С/га. На участке сенокоса с шунгитовыми почвами, напротив, накапливается до 250 т С/га углерода почвы. Это наибольший запас почвенного углерода в изученных землепользованиях, он близок к общему запасу углерода контрольного участка леса на подзолистой почве (272 т С/га). Данная особенность обусловлена не только изначально высоким содержанием $C_{\text{орг}}$ почвы, но и развитым дерновым процессом. Особенности почвообразования почв на шунгитах сближают их с высокоуглеродистыми черноземами, в которых наблюдается усиленное накопление $C_{\text{орг}}$ под естественной травянистой растительностью [257, 258]. Необходимо отметить, что запасы почвенного углерода практически на всех участках сельскохозяйственных землепользований превышают запасы $C_{\text{орг}}$ на контрольных участках. Полученные данные подтверждают тезис о том, что при длительном окультуривании запасы $C_{\text{орг}}$ почвы могут значительно превышать фоновые значения, характерные для естественных почв [259, 260].

2.3.3. Биогеохимические потоки углерода в землепользованиях

Баланс углерода разных землепользований оценивали по разности между чистой первичной продукцией (древостоя и растений живого напочвенного покрова) и величиной дыхания микроорганизмов (MR), разлагающих органическое вещество почвы. Бюджет углерода землепользований приведен в табл. 2.4. Геоботанические обследования показали, что в зависимости от землепользования изменяется ботанический состав растений травяно-кустарничкового яруса. Количество углерода, закрепленного в виде чистой первичной продукции биогеоценозов (NPP), также существенно различается в зависимости от землепользования. Для лесных участков наибольшие значения NPP характерны для молодых лесов, с возрастом древостоя количество ежегодно ассимилированного углерода существенно снижается. Также отмечено, что чистая первичная продукция древесного яруса ельников, произрастающих на текстурно-дифференцированных почвах, выше, чем у сосняков на альфегумусовых и шунгитовых почвах. Для растений напочвенного покрова отмечена противоположная тенденция.

Таблица 2.4. Бюджет углерода землепользований, т С/га год

Участок	Альфегумусовые почвы			Текстурно-дифференцированные почвы			Шунгитовые почвы		
	NPP др.	NPP ЖНП	MR	NPP др.	NPP ЖНП	MR	NPP др.	NPP ЖНП	MR
	А			Б			В		
Пашня	–	2.5	4.3	–	2.5	1.4	–	23.4	10.4
Сенокос	–	16.4	5.9	–	16.4	4.5	–	21.4	8.7
Лес молодой	10.5	0.1	2.9	9.5	0.3	1.9	7.9	0.1	3.6
Лес средневозрастной	3.4	0.2	3.6	4.3	0.1	2.3	4	0.1	4.1
Контроль	2.9	0.6	3.8	5.6	0.2	3.6	4.2	0.3	3.7

Примечание. NPP – чистая первичная продукция; др. – древостой; ЖНП – живой напочвенный покров (мохово-лишайниковый и травяно-кустарничковый ярус);

MR – эмиссия CO₂ почвой;

Пашня: А, Б – картофель; В – козлятник;

Лес молодой: А, В – ольшаник; Б – березняк;

Лес средневозрастной и контроль: А, В – сосняк, Б – ельник.

Баланс углерода в разных землепользованиях на различных типах почв представлен в табл. 2.5. Для расчета баланса углерода землепользований рассмотрены несколько сценариев использования агроценозов (номер варианта соответствует первой колонке табл. 2.5).

1. Пашня (NPP без вычета отчуждения);
2. Пашня I сценарий (NPP за вычетом отчуждения урожая с удалением ботвы с поля (картофель (А, Б); скашивание козлятника (В));
3. Пашня II сценарий (NPP за вычетом отчуждения урожая без удаления ботвы с поля (картофель (А, Б); скашивание козлятника (В));
4. Пашня III сценарий (NPP за вычетом отчуждения урожая без удаления ботвы с поля и внесением навоза 20 т/га) (картофель (А, Б); скашивание козлятника и внесение навоза 20 т/га (В));
5. Сенокос I сценарий – некосимый луг (NPP без вычета отчуждения);
6. Сенокос II сценарий – косимый луг (NPP за вычетом отчуждения);
7. Сенокос III сценарий – косимый удобряемый луг (NPP с учетом прибавки от применения удобрения) (навоз 20 т/га и за вычетом отчуждения).

Отрицательные значения баланса указывают на потерю углерода из экосистем, а положительные на сток и депонирование углерода. Максимальное поступление углерода в экосистему и наибольшие значения гетеротрофного дыхания отмечены для сенокосов. Согласно литературным данным, при интенсивном режиме использования сенокосов, когда скашивают более 80 % наземной продукции для заготовки сена, углеродные потери могут быть компенсированы путем применения навоза. Интенсивность уборки трав отражается на почвенно-растительных связях, влияя на объемы и качество корневых остатков и поступление органических веществ и углерода в почву. Важен также эффект фотосинтетической способности и углеродного разложения растений в растительных сообществах [261].

В остальных исследованных биогеоценозах микробное продуцирование почвами CO_2 соотносимо друг с другом, поэтому различия баланса углерода в этих экосистемах были обусловлены величиной чистой первичной продукции. Агроэкосистемы характеризуются изъятием сельхозпродукции и, следовательно, отчуждением значительного количества органического вещества. Известно, что

Таблица 2.5. Баланс углерода землепользований, т С/га год

№ пп	Участок	Альфетумусовые почвы			Текстурно-дифференцированные почвы			Шунгитовые почвы		
		Статьи баланса								
		Приход (NPP)	Расход (MR)	Баланс (NEP)	Приход (NPP)	Расход (MR)	Баланс (NEP)	Приход (NPP)	Расход (MR)	Баланс (NEP)
1	Пашня	2.50	4.30	-1.80	2.50	1.77	0.73	23.40	10.37	13.03
2	Пашня I сценарий	0.00	4.30	-4.30	0.00	1.77	-1.77	18.72	10.37	8.35
3	Пашня II сценарий	1.10	4.30	-3.20	1.10	1.77	-0.67	18.72	10.37	8.35
4	Пашня III сценарий	1.32	4.32	-3.00	1.32	1.77	-0.45	22.46	10.39	12.07
5	Сенокос I сценарий	16.40	5.93	10.47	16.40	4.51	11.89	21.40	8.65	12.75
6	Сенокос II сценарий	14.76	5.93	8.83	14.76	4.51	10.25	19.26	8.65	10.61
7	Сенокос III сценарий	17.71	5.95	11.76	17.71	4.53	13.18	23.11	8.67	14.44
8	Лес молодой	10.60	2.94	7.66	9.80	1.91	7.89	8.00	3.61	4.39
9	Лес средневозрастный	3.60	3.55	0.05	4.40	2.34	2.06	4.10	4.10	0.00
10	Контроль	3.50	3.80	-0.30	5.80	3.56	2.24	4.50	3.65	0.85

Примечание. См. табл. 2.4.

сведение лесов и распашка почв приводит, особенно в первое время, к дополнительному поступлению CO_2 в атмосферу [262, 263]. Сведения о масштабе этого процесса и его направленности в регионе исследования практически отсутствуют. Проведение мероприятий по обработке почв также провоцирует эмиссию CO_2 из почвы. В результате наблюдается отрицательный баланс углерода, а пахотные почвы становятся источником поступления CO_2 в атмосферу. Почвы пашни в Карелии активно удобряются для возможности получать урожай сельскохозяйственных культур, поэтому запасы углерода в них выше, чем во всех остальных исследованных экосистемах. Органическое вещество почв агроценозов может быть утрачено за счет выноса его урожаем, а также в процессе трансформации и миграции в почвенном профиле, таким образом почвы пашни не могут долгосрочно секвестрировать углерод при прекращении агротехнических мероприятий.

Максимальная биологическая активность почв и положительный баланс углерода формируется в молодых экосистемах под естественной лесной растительностью, где наблюдается высокая скорость накопления чистой первичной продукции, что согласуется с исследованиями других авторов [264–266]. С увеличением возраста древостоя темпы роста фитомассы, а соответственно и NPP сокращаются, при этом величина микробного дыхания почв может несколько увеличиваться. В данном случае старовозрастный лес станет не стоком, а источником поступления CO_2 в атмосферу, при этом он будет являться резервуаром большого количества углерода в различных пулах.

2.4. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Всестороннее исследование различных землепользований, их почвенной и растительной составляющей, а также пулов углерода участков приводит к получению значительного количества переменных, которые прямо или косвенно связаны между собой. С помощью корреляционного анализа исследовали взаимосвязь между почвенными показателями и запасами углерода, накопленными

в различных пулах. Анализ коэффициентов корреляции (табл. 2.6) показал, что запасы углерода в метровом слое почвы тесно связаны с такими почвенными свойствами, как содержание органического углерода и общего азота, содержание подвижных фосфора и калия, а также суммой обменных оснований. В почвах таежной зоны обычно фиксируется увеличение данных параметров на участках сельскохозяйственного использования [267, 268]. Запасы углерода в надземной и подземной фитомассе, а также в дегриесе и подстилке характеризуют растительный компонент землепользований. Данные пулы имеют отрицательную корреляционную связь с уровнем рН, отражая более высокую кислотность почв в лесах [269, 270]. Низкая скорость минерализации органического вещества почв лесных участков отражена прямой корреляцией между запасами углерода в фитомассе, дегриесе и подстилке с отношением C/N. Запасы углерода микробной биомассы почвы и подстилки не имеют значимых корреляционных связей с почвенными свойствами.

Таблица 2.6. Корреляционная матрица между запасами углерода в различных пулах и почвенными свойствами

Переменная	Почва C _{орг} , т/га (0–100 см)	Почва C _{мик} , г/м ² (0–100 см)	Под- стилка, т С/га	Под- стилка, г C _{мик} /м ²	Надзем- ная фито- масса, т С/га	Подзем- ная фито- масса, т С/га	Дегри- с, т С/га
ρ, г/см ³	-0.32	0.20	-0.04	-0.03	-0.23	-0.19	-0.07
рН _{KCl}	0.50	-0.11	-0.66	-0.21	-0.69	-0.65	-0.61
C _{орг} , %	0.66	-0.26	-0.23	-0.23	-0.15	-0.11	-0.18
N _{общ} , %	0.71	-0.26	-0.41	-0.31	-0.31	-0.26	-0.33
C/N	-0.27	0.00	0.87	0.34	0.75	0.72	0.69
P ₂ O ₅ , мг/кг	0.67	0.30	-0.33	0.17	-0.47	-0.42	-0.45
K ₂ O, мг/кг	0.54	-0.16	-0.38	-0.03	-0.35	-0.30	-0.34
S, смоль экв/кг	0.60	-0.30	-0.46	-0.30	-0.44	-0.34	-0.39
ФГ, %	0.12	-0.49	-0.30	-0.38	-0.02	0.12	-0.01

Примечание. Здесь и далее жирным курсивом выделены коэффициенты, значимые при $p < 0.05$; ρ – плотность сложения; S – сумма обменных оснований; ФГ – физическая глина.

Почвы являются центральным звеном любого землепользования, от их свойств зависят запасы $C_{\text{орг}}$ в метровом слое и накопление углерода в растительных пулах. Поэтому вначале изучили корреляционные связи почвенных данных, приуроченных к верхним горизонтам почв. Для сокращения числа переменных и выявления взаимосвязей между ними в объектах исследования применили факторный анализ, который позволяет выявить скрытые факторы, определяющие корреляции между наблюдаемыми переменными. Была вычислена матрица факторных нагрузок методом главных компонент, представленная в табл. 2.7. В результате анализа данной выборки выделено два значимых латентных фактора, объясняющих более 80 % общей дисперсии наблюдаемых переменных. Первый фактор (65 % дисперсии) сильно коррелирует с агрохимическими свойствами верхних почвенных горизонтов, наиболее подверженных влиянию в процессе окультуривания почв при изменении типа землепользования. Второй фактор (16 % дисперсии) коррелирует в средней степени с содержанием физической глины в почве. Данный анализ подтверждает, что генетическая принадлежность почв при антропогенной эволюции в значительной степени нивелируется [206].

Далее изучили взаимосвязи между значениями переменных почвенных свойств и запасов углерода в разных пулах. Матрица факторных нагрузок представлена в табл. 2.8.

Таблица 2.7. Факторные нагрузки для почвенных данных

Переменная	Фактор 1	Фактор 2
ρ , г/см ³	-0.68	-0.57
pH _{KCl}	0.76	-0.48
$C_{\text{орг}}$, %	0.91	0.28
$N_{\text{общ}}$, %	0.95	0.21
P_2O_5 , мг/кг	0.71	-0.53
K_2O , мг/кг	0.96	-0.19
S , смоль экв/кг	0.95	-0.13
ФГ, %	0.39	0.55
Общая дисперсия	5.24	1.31
Доля общей дисперсии	0.65	0.16

Таблица 2.8. Факторные нагрузки для почвенных данных и углеродных пулов

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
ρ , г/см ³	-0.34	-0.79	-0.09
pH _{KCl}	0.88	-0.08	0.05
C _{орг} , %	0.70	0.66	0.07
N _{общ} , %	0.82	0.52	-0.01
C/N	-0.64	0.52	0.35
P ₂ O ₅ , мг/кг	0.69	0.09	0.61
K ₂ O, мг/кг	0.82	0.41	0.21
S, смоль экв/кг	0.87	0.38	0.00
ФГ, %	0.33	0.31	-0.69
Почва C _{орг} , т/га (0–100 см)	0.77	0.07	0.16
Почва C _{мик} , г/м ² (0–100 см)	-0.08	-0.44	0.69
Подстилка, т С/га	-0.78	0.47	0.22
Подстилка, г C _{мик} /м ²	-0.40	0.10	0.69
Надземная фитомасса, т С/га	-0.76	0.61	0.02
Подземная фитомасса, т С/га	-0.69	0.64	-0.12
Дебрис, т С/га	-0.71	0.52	-0.07
Общая дисперсия	7.39	3.50	2.08
Доля общей дисперсии	0.46	0.22	0.13

В результате анализа представленной выборки выделено три значимых латентных независимых фактора, объясняющих более 80 % общей дисперсии наблюдаемых переменных. Первый фактор (46 % дисперсии) определяет основные агрохимические свойства почв и углеродные пулы участков. Запасы углерода в растительных компонентах связаны отрицательной корреляционной связью с показателями плодородия почв, отражая различия между сельскохозяйственными землепользованиями и лесными участками [271].

Второй фактор (22 % дисперсии) характеризует плотность почв, которая обычно отрицательно корреляционно связана с содержанием C_{орг} почвы [272, 273]. Считается, что сельскохозяйственная обработка почв приводит к увеличению их плотности, при этом

при прекращении воздействия отмечается достоверное уменьшение плотности бывших пахотных горизонтов. Гранулометрический состав почв не претерпевает существенных изменений в процессе постагрогенного развития [274, 275].

Третий фактор (13 % дисперсии) связывает отрицательной корреляцией показатель физической глины и запасы углерода микробной биомассы участков, что отражает увеличение микробиологической активности в почвах легкого гранулометрического состава. Некоторые исследователи отмечали достоверную корреляцию между $C_{\text{мик}}$ и содержанием физической глины в почвах леса и залежи, при этом корреляция $C_{\text{мик}}$ с химическими свойствами почв была слабой. Наиболее значимыми факторами, определяющими варьирование, являются гранулометрический состав (33 %) и содержание $C_{\text{орг}}$ почв (19 %) [276].

Классификацию исследованных объектов производили отдельно по почвенным свойствам и по углеродным пулам участков. Использовали кластерный анализ (метод *k*-средних), при котором кластеры располагаются на возможно больших расстояниях друг от друга. Число кластеров подбиралось от 2 до 5, поскольку исследуемые объекты подразделяются на 5 классов – по типам землепользования, и исследуемые типы делятся на 2 кластера – лесные и сельскохозяйственные угодья. Иерархическая классификация сходства почвенных свойств исследованных участков представлена на рис. 2.10. Качество классификации оценивалось с помощью дисперсионного анализа, представленного в табл. 2.9.

Результаты анализа показали, что согласно почвенным характеристикам оптимальным является разделение всех исследуемых объектов на три класса. Значимыми переменными в классификации выступили плотность почв, их агрохимические свойства (рН, P_2O_5 , K_2O , S) и запас углерода почвы в метровом слое. В 1-й и 3-й кластеры попали почвы в основном сельскохозяйственных угодий, и один участок молодого леса на альфегумусовой почве, в связи с высоким содержанием подвижных фосфора и калия. Во 2-й кластер были выделены все участки с лесной растительностью и один участок сенокоса на агродерново-подзолистой почве, поскольку для него характерны низкие агрохимические показатели и запас $C_{\text{орг}}$ почвы. Основная особенность участков 1-го кластера заключается в более

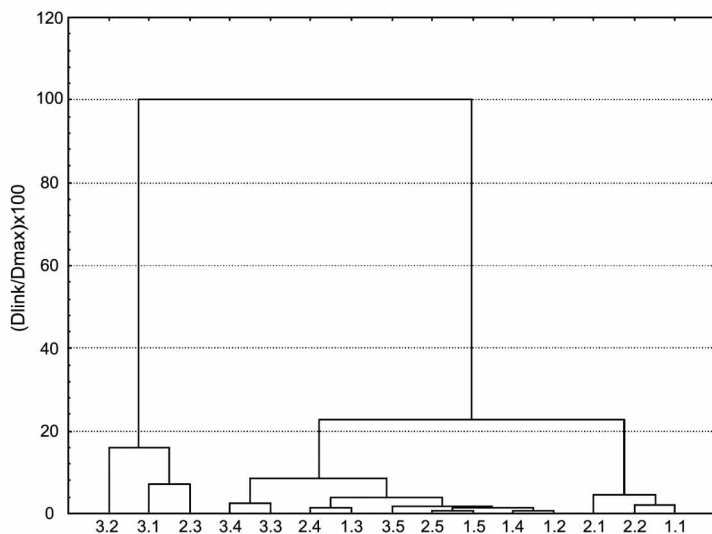


Рис. 2.10. Дендрограмма сходства почвенных свойств исследованных участков

Первая цифра – почва: 1 – текстурно-дифференцированные; 2 – альфегумусовые; 3 – шунгитовые; вторая цифра – тип землепользования: 1 – пашня; 2 – сенокос; 3 – молодой лес; 4 – средневозрастный лес; 5 – лес, контроль

Таблица 2.9. Дисперсионный анализ почвенных данных

Переменная	Between - SS	df	Within - SS	df	F	<i>p</i>
ρ , г/см ³	0	2	0.5	12	4.35	0.038
pH _{KCl}	6	2	7.5	12	4.56	0.034
C _{орг} , %	35	2	82.4	12	2.52	0.122
N _{общ} , %	0	2	0.4	12	2.44	0.129
C/N	75	2	390.1	12	1.15	0.349
P ₂ O ₅ , мг/кг	4995754	2	398672.0	12	75.19	0.000
K ₂ O, мг/кг	206154	2	123820.0	12	9.99	0.003
S, смоль экв/кг	1161	2	1570.0	12	4.44	0.036
ФГ, %	90	2	718.3	12	0.75	0.494
Запас C _{орг} , т/га (0–100 см)	25032	2	29049.2	12	5.17	0.024
Запас C _{мик} , г/м ² (0–100 см)	1241	2	10491.3	12	0.71	0.511

высоком плодородии, чем во 2-м и 3-м кластерах. Почвы данных участков характеризуются самой низкой кислотностью (среднее рН 5.7), среднее содержание суммы обменных оснований составляет 29 смоль экв/кг почвы, подвижного калия – 365 мг/кг и фосфора – 1533 мг/кг. На участках 3-го кластера среднее рН составляет 4.9, S – 5.6 с моль экв/кг почвы, содержание K_2O – 51 мг/кг, а P_2O_5 – 418 мг/кг. Для участков 1-го и 3-го кластеров характерен сопоставимо высокий запас $C_{орг}$ почвы, составляющий 144–162 т/га. Главным отличием земледельческих участков 2-го кластера является низкое содержание подвижного фосфора – 44 мг/кг и гораздо меньший запас углерода в метровом слое почвы – 70 т/га.

Иерархическая классификация объектов по запасам углерода в разных пулах представлена на рис. 2.11. Данные дисперсионного анализа приведены в табл. 2.10. Результаты анализа показали,

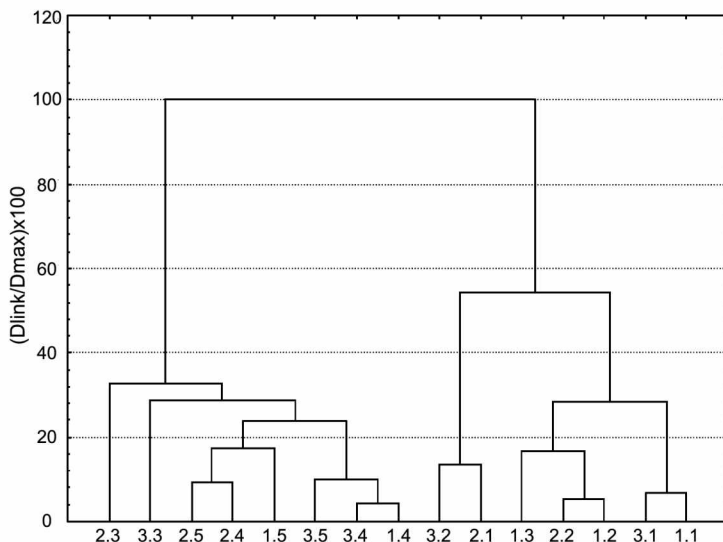


Рис. 2.11. Дендрограмма сходства запасов углерода в различных пулах исследованных участков

Первая цифра – почва: 1 – текстурно-дифференцированные; 2 – альфегумусовые; 3 – шунгитовые; вторая цифра – тип земледельческого использования: 1 – пашня; 2 – сенокос; 3 – молодой лес; 4 – средневозрастный лес; 5 – лес, контроль

Таблица 2.10. Дисперсионный анализ запасов углерода в различных пулах

Переменная	Between - SS	df	Within - SS	df	F	<i>p</i>
Почва $C_{\text{орг}}$, т/га (0–100 см)	39330.00	1	14751.49	13	34.660	0.000
Почва $C_{\text{мик}}$, г/м ² (0–100 см)	3.35	1	11729.37	13	0.004	0.952
Подстилка, т С/га	325.64	1	1061.94	13	3.986	0.067
Подстилка, г $C_{\text{мик}}$ /м ²	908.16	1	4149.16	13	2.845	0.115
Надземная фитомасса, т С/га	11178.40	1	15894.91	13	9.142	0.010
Подземная фитомасса, т С/га	256.44	1	534.91	13	6.232	0.027
Дебрис, т С/га	87.27	1	220.41	13	5.147	0.041

что согласно запасам углерода оптимальным является разделение всех исследуемых точек на два класса. Как видно из рис. 2.11, такое деление на кластеры соответствует разделению участков на лесные и сельскохозяйственные землепользования. Исключение составляет участок под молодым лесом на агродерново-подзолистой почве, в котором отсутствовала развитая лесная подстилка, что позволило классифицировать его как сельхозугодье. При разделении участков на классы наиболее существенными переменными оказались запасы углерода в почве, надземной и подземной фитомассе и дебрисе. Как было показано ранее (см. табл. 2.8), запасы $C_{\text{орг}}$ почвы связаны отрицательной корреляцией с запасами углерода в растительных пулах, отражая разделение лесных и сельскохозяйственных землепользований.

Проведенный анализ показал, что кластеризация землепользований, как по почвенным свойствам, так и по запасам углерода в разных пулах, на высоком классификационном уровне разделяет сельскохозяйственные и лесные участки. При этом предпочтительнее использовать почвенные данные, поскольку они позволяют выделять высококультурные участки. Запас углерода почвы в метровом слое и агрохимические свойства можно выделить в качестве ведущих почвенных показателей. Особое значение в агрохимических свойствах имеет содержание подвижного фосфора, отражающее высокое плодородие почв.

Выводы к части 2

Исследование ряда землепользований на различных почвах нормального увлажнения в южной Карелии показало, что в пределах почвенной серии на общее содержание углерода участка оказывает влияние тип землепользования и запас углерода в произрастающей на участке растительности. Отличия в содержании углерода между участками одинаковых землепользований на различных почвообразующих породах обусловлены особенностями этих пород, а также базовым плодородием и содержанием углерода в почвах. На всех исследованных участках наибольшие запасы органического углерода в метровом слое почвы получены для пашни (а также для сенокоса на шунгитовых почвах). Запасы $C_{\text{орг}}$ пашен в верхнем 30-сантиметровом слое составляют примерно 50 % от запасов в метровой толще. В лесных почвах основная часть запасов углерода (более 70 %) сосредоточена в поверхностном горизонте. Запасы почвенного углерода практически на всех участках сельскохозяйственных землепользований превышают запасы на контрольных участках лесов. Таким образом, при длительном окультуривании запасы $C_{\text{орг}}$ почв сельскохозяйственных угодий могут значительно превышать фоновые значения, характерные для естественных почв.

Для сельскохозяйственных землепользований общей особенностью является высокая доля почвенного углерода в общих экосистемных запасах углерода участков, она составляет 94–98 % для пашен и 88–97 % для сенокосов. В контрольных лесах запасы углерода в метровом слое минеральной толщи минимальны (за исключением шунгитовых почв). Доля почвенного углерода составляет 50–60 % под молодым лесом, 30–40 % под средневозрастными лесами и до 20–25 % под контрольными участками. На шунгитовых почвах доля почвенного углерода на участках средневозрастного и контрольного лесов значительно выше аналогичных участков с зональными почвами и составляет около 50 %. Накопление органического вещества лесов идет главным образом за счет древесной фитомассы, формирования подстилки и дегриса. В лесных экосистемах отмечена линейная зависимость запасов фитомассы

от возраста древостоя. Доля углерода дробиса и подстилкн увеличнвается с возрастом леса и составляет в среднем 2–5 % для дробиса и 5–12 % для подстилкн.

Максимальное поступление углерода в экосистему, а также наибольшие значения гетеротрофного дыхания отмечены для сенокосных участков. Пахотные почвы являются источником поступления CO_2 в атмосферу. Положительный баланс углерода формируется в молодых экосистемах под естественной лесной растительностью, в которых наблюдается высокая скорость накопления чистой первичной продукции. С увеличением возраста древостоя темпы роста фитомассы снижаются, сокращается количество чистой первичной продукции, а величина микробного дыхания почв может несколько увеличиться. В некоторых случаях старовозрастные леса становятся не стоком, а источником поступления CO_2 в атмосферу, при этом оставаясь резервуаром большого количества углерода в различных пулах.

Статистический анализ обобщенных данных выявил, что генетическая принадлежность почв при антропогенном влиянии в значительной степени нивелируется. Запас углерода в метровом слое почв тесно положительно коррелирует с агрохимическими свойствами. Плотность сложения почв, напротив, уменьшается при увеличении содержания $\text{C}_{\text{орг}}$. Запасы углерода в фитомассе, дробисе и подстилке отрицательно корреляционно связаны с уровнем pH и положительно коррелируют с отношением C/N, что отражает особенности почв лесных участков. Почвенные данные позволяют более точно верифицировать исследованные объекты, при этом ведущими переменными являются запасы углерода в метровом слое почв и агрохимические показатели.

Часть 3

КЛЮЧ К КАРБОНОВОМУ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ

Данная часть посвящена анализу практики и теории монетизации экосистемных услуг и подходов к экономической оценке экосистемного сервиса, а также формированию методолого-методического подхода к созданию объективной системы учета при справедливом сбалансировании институтов и нивелировании системных рисков в обществе в рамках формирования и реализации концепта карбонового земледелия. При этом учитываются особенности современной рыночной экономики и контекст карбоновой и в целом постмодернистской повестки. Разбирается постановка задачи устойчивости: насколько устойчиво инвестиционное решение в контексте углеродной типологии объектов. Нужно учитывать траекторию использования действующих и заброшенных сельскохозяйственных земель со сформировавшимися на них экосистемами, а также необходимо решить задачу определения устойчивости функциональности объектов в «углеродном» измерении и в контексте «углеродной» типологии объектов: производственного плана деятельности агента в контексте углеродной динамики и его инвестиционного решения в зависимости от режима землепользования и будущих рисков.

3.1. ЭКОНОМИКО-ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В РЕСУРСОЕМКИХ РЫНКАХ

Перед обществом стоит задача в контексте новой рациональности (устанавливаемой новыми конвенциональными правилами карбоновой повестки), вместо финансового результата пересмотреть оценку эффективности экономической деятельности, в том числе и в сфере землеустройства. Поэтому следуя природе труда и принципу справедливости, критерием деятельности человека на земле должна стать не столько быстрая ликвидность, измеренная фиатными деньгами, сколько полезность, оцененная в контексте новой рациональности количественными и качественными методами исследования глубинных причин экономических процессов при использовании соответствующих механизмов регулирования экономической деятельности.

Сегодня речь идет о дискурсе, выстраиваемом в рамках климатической повестки и устойчивого природо- и землепользования. При этом настоящее исследование посвятили исправлению одного недостатка, а именно недостатка внимания к институтам, особенно к фундаментальным, образующим базис общества, имеющим отношение к рассматриваемым вопросам развития периферии, ресурсоемких производств, сельских территорий и т. д. При этом для объяснения институционального переформатирования землеустройства (см. рис. 1.2) воспользуемся концепцией мезоинститутов (см. часть 1), суть которой заключается в том, что мезоинституты выполняют функцию посредника сопряжения «общих» и «частных правил».

В этом случае неинституционалист фокусирует внимание на организационных особенностях объектов, в частности, на процессуальности норм (макроинститутов), в чем и заключается суть мезоинститутов. Мезоинституты описывают процессуальное звено, определяющее выполнение общих правил и реализацию имущественных прав, а также условия их распределения и особенности действия организационных механизмов (в контексте местных институциональных и социальных укорененностей), посредством которых поддерживается легитимность транзакции и обеспеченность контрактов исковой силой.

3.1.1. Экономико-институциональный анализ факторов ценообразования

Чтобы разобраться в действиях мезоинститутов, построим *структурную модель*, отражающую влияние как эндогенных причин, так и экстерналий. В отличие от традиционного подхода, рассматривающего конкурентное ценообразование и на этом основании полагающего экстерналии внешней причиной по отношению к фирмам, к тому же не меняющей рыночной структуры, здесь предполагается (в рамках мезоподхода), что пространственные экстерналии вызывают эндогенные механизмы, характерные для рыночной структуры чемберлинского типа. В нашем случае мы рассматриваем ситуацию выбора альтернатив, когда потенциальные инвестиции в ту или иную отрасль периферийного региона являются заменителями между собой, но плохими заменителями операциям вовне (в центр). Рыночное решение в отношении оптимума осуществляется с учетом единичной межсекторальной эластичности и по принципам, установленным как внутри региона, так и с учетом того, что внешние бенефициары (выгодоприобретатели) задают принципы для выбора резидентами периферии оптимальных стратегий.

Далее оценим потери рентного дохода у двух бенефитных групп (внешних и периферийных фирм), который оценивается традиционно через приведенную чистую стоимость инвестиций (*NPV*) при реализации коммерческого бренда:

$$NPV = \sum_t [D(1+r)^{-t}] - I - S, \quad (3.1)$$

где D – доход от использования бренда без учета инфляции; r – дисконтная ставка; I – инвестиционный фонд, S – операционные затраты (с учетом всех расходов: трансформационных и транзакционных).

Если учесть пространственно-временную континуальность экономического пространства, то полагаем, что экономическая рента R – это потенциал движения агента в пространстве. Он определяется начальным и конечным положением агента и свойствами самого пространства и оценивается в системе имущественных и неимущественных прав через рентную функцию, превращенную в цену производства.

Причина разной эффективности транзакций согласно В. Элснеру [116] заключается в эндогенном формировании институциональных механизмов, в первую очередь мезоинститутов.

Пусть затраты и доходы определяются по среднеотраслевым нормативам. Тогда оценим рентный поток через валовую добавленную стоимость (ВДС) отрасли региона. Учитывая предел функции NPV ($\lim_{t \rightarrow \tau} NPV = I/r$, $\tau \gg 0$) и деланные допущения, оценим потери ренты через анализ отраслевой или региональной функции ренты R .

Периферийная промышленность (за исключением проектов крупных корпораций, связанных с добычей и первичной переработкой природных ресурсов) повсеместно испытывала дефицит ликвидности. В условиях неполного использования производственных ресурсов это вело к торможению производства и, в первую очередь, обрабатывающей промышленности – как одного из наиболее капиталоемких [125, 277].

Для объяснения механизма изъятия экономической ренты и снижения ликвидности введем согласно работе [118] пространственную дифференциальную экономическую ренту первого и второго рода (R_{1ij} и R_{2ij}).

$$\text{Пусть: } R_{ij} = p_{ij}R_{1ij} + p_{ij}R_{2ij}, \quad (3.2)$$

где R_{1ij} и R_{2ij} – индексы отраслевых (j) и территориальных (i) нормативов ВДС (рентная функция); p_{ij} – индексы отраслевых (j) и территориальных (i) цен.

В определенном случае региональные факторы (например, запасы природных ресурсов) могут становиться ведущими рентообразующими факторами. В работе [278] показано, как использование местных ресурсов влияет на пространственное распределение цепочек добавленной стоимости и вызывает позитивные пространственные экономические эффекты. В этом случае рента R_{1ij} связана с высоким экономическим потенциалом территории и с сопряженным с ним инфраструктурным каркасом.

На превращение ренты в цену производства влияет и вторая ее часть – R_{2ij} , которая возникает при различной производительности вложений капитала (инвестиций) и иных транзакциях, способ-

ствующим увеличению экономической ренты. В то же время в качестве рентообразующих факторов, рассматриваем уже не природные и технологические причины, а монопольную власть аффилированных олигопольных групп и иные институциональные и пространственно-связанные причины.

Рента R_{2ij} распределяется в соответствии со структурой рынка, экзогенных правил торговли, сформированных под действием разных регуляторов. Тогда величина и структура цены есть во многом результат институционально сложившегося порядка хозяйствования и транзакционных издержек. В последние включаются внепроизводственные издержки, издержки, связанные с обеспечением контрактов, поддержкой исковой силы претензий. Наличие чувствительных административных и экономических барьеров создают дополнительные издержки для фирм со слабой рыночной властью и территорий со слабым административным ресурсом. Поэтому рассмотрим регулятивные причины, обусловленные природой коллективных действий агентов как явлений экономического пространства. В экономике существуют не просто фирмы и рынки, а связывающая их плотная сеть контрактных взаимоотношений. Чтобы учесть частное право (мезоинститут), сформированное контрактной системой, перепишем формулу (3.2) следующим образом:

$$R_{ij} = \alpha_{ij} p_{ij} R_{1ij} + \beta_{ij} p_{ij} R_{2ij}, \quad (3.3)$$

где α_{ij} и β_{ij} – нормирующие коэффициенты.

При этом $\alpha_{ij} \geq 0$, а β_{ij} может быть как больше нуля, так и меньше нуля в зависимости от пространственно-временного измерения структуры отношений. В частности, исследования [279] показали, что появление новых отраслей промышленности (в том числе привлечение и закрепление отраслей и рынков из-за пределов региона) и различных форм новых видов экономической деятельности в регионах следует рассматривать в контексте различий пространственного развития. Также диверсификацию путей развития необходимо рассматривать в контексте компетенций бенефициаров, в частности основанных на комбинации новых аналитических знаний [280]. Данный вывод приобретает особый смысл при активной цифровизации экономики.

Коэффициенты α_{ij} и β_{ij} определяются из анализа контрактов и иных институциональных условий устойчивости локального равновесия и зоны компетенций. Полагаем, что по причине возникновения негативности синергии экономического пространства ($\beta_{ij} \leq 0$) периферийные компании и территории оказываются в условиях дискриминации и вынуждены функционировать по внешним стандартам (из-за дефицита компетенций).

Для иллюстрации рассмотрим пример рынка лесоматериалов («баланс березовый»), поставленных предприятиями-резидентами Республики Карелия и Вологодской области в Финляндию. Этот пример интересен тем, что он оказался предметом антимонопольного расследования со стороны уполномоченных органов Финляндии и России, как имеющий признаки антиконкурентного соглашения (сговора) на товарных рынках.

На основании анализа контрактов, проведенного автором, на рис. 3.1 отражены результаты влияния мезоинститутов на превращение ренты в цену производства. Здесь показаны средние (по отраслевому межрегиональному рынку) прибыль, трансформационные

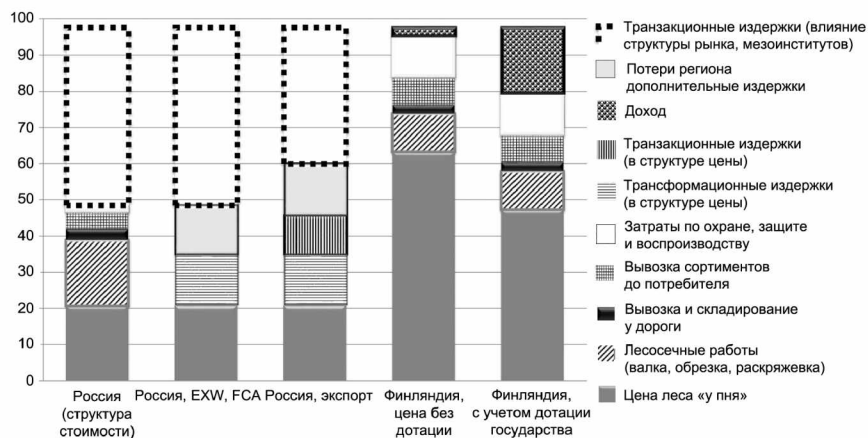


Рис. 3.1. Влияние мезоинститутов на превращение ренты в цену производства на примере структуры контрактной цены 1 куб м березового баланса, евро [125]

и транзакционные издержки. Транзакционные издержки в структуре цены (показанные на рисунке) относятся к операционным (внутренним) затратам. Они отражают деятельность по обеспечению порядка внутри зоны компетенций. В то же время большая часть транзакционных издержек (превышение над контрактной ценой) обусловлена внешними обстоятельствами, не учитываемыми в контрактах поставки. Это, по нашему мнению, безусловные потери региона.

На диаграмме первый и четвертый «столбики» определяются среднеотраслевыми трансформационными издержками и «стоимостью леса» по обе стороны границы. Второй, третий и пятый «столбики» показывают результат выбора фирмами (с неодинаковой рыночной силой) разных стратегий, обусловленных условиями рынка чемберлинского типа [281]. При этом возросшие транзакционные издержки (разница высоты «столбиков» по обе стороны границы) не учитываются в базисных условиях поставки (EXW, FCA, DAF).

Такое превращение ренты в цену производства есть результат институционально сложившегося порядка хозяйствования, который ослабляет фирмы со слабой рыночной властью и территории со слабым административным ресурсом. В этом, как мы полагаем, и заключается суть механики изъятия ренты R_{2ij} . Изложим суть механики следующим образом. Институциональный порядок взаимодействий между агентами осуществляется при локализации соотношения частных и общих институтов [119–122, 282]. Мы исходим из того, что в результате коллективных действий агентов пространственный порядок приобретает определенную форму (в смысле морфологии), образует зоны с разной структурой и упорядоченностью взаимодействий (в данном случае мы рассматриваем зону торговли лесоматериалами Финляндии и Северо-Запада России). Выделим два аспекта, определяющих порядок взаимодействий агентов в сложившихся зонах.

Во-первых, сложившийся порядок хозяйствования во многом определяется балансом так называемых экстрактивных и инклюзивных институтов. Экстрактивные институты способствуют концентрации власти в центре и не ограничивают его в том, как и на что эту власть можно употребить [283]. Инклюзивные (распределяющие власть по субъектам) политические институты будут неизбежно разрушать основу таких экономических институтов [283].

Центр форматирует торговлю и конструирует экстрактивные рыночные институты, которые позволяют ему откачивать экономическую ренту из периферии. Центр (как лицензиар новых технологий и бенефициар ренты) навязывает открытость рынков периферии (как лицензиату, технологически зависимого от центра и проигрывающего ему по уровню компетенций). Он распространяет на территорию периферии свое правовое поле, поддерживающее исключительно компетенцию внешних бенефициаров.

У контрольных органов по обе стороны границы возникали вопросы к участникам рынка (рассматриваемый пример), поскольку они «увидели» признаки картеля в синхронном занижении цены за кубометр приобретаемой в России древесины, т. е. нарушение параграфа 6 Антимонопольного Закона Финляндии, запрещающего ценовые соглашения, и статьи 81 Устава ЕС (о запрещении картелей), а также статьи 11 Федерального закона РФ «О защите конкуренции». В то же время антимонопольными органами России и Финляндии факта картельного соглашения не было установлено, поскольку вся ситуация объяснялась *синхронным* поведением фирм. Полагаем, что происходил выбор оптимальной стратегии (по Нэшу, согласно теории игр), во многом обусловленный балансом рыночных экстрактивных и инклюзивных институтов, а не фактом запрещенного соглашения.

Во-вторых, одновременно идет конкурирующий процесс размывания формальных рамок за счет институционализации неформальных правил хозяйственного взаимодействия. Неформальное регулирование корректирует экономическое поведение, в том числе законопослушное, придавая ему социокультурную специфику. Социально-экономическая сущность процесса деформализации состоит в создании пространства хозяйственной маневренности и гибкости, позволяющего превзойти возможности, дозируемые формальными институтами. При этом формальные нормы не нарушаются, а неукоснительно исполняются, выступая как средство в механизме неформального согласования интересов и достижения легитимности субъекта. В то же время неформальные нормы могут составлять конкуренцию формальным правилам, по сути, подменяя их. Законы подменяются нормами частного права. Экономическая деятельность (транзакция) форматируется «типовым» контрактом, а то и просто договоренностью. В условиях несо-

вершенной конкуренции (на рынках чеಂಬерлинского типа) это приобретает решающее значение и приводит к правовой инверсии в части утверждения локальной приоритетности частного порядка над общими правилами (следствие пространственных экстерналий). Однако формальные институты работают и здесь, но либо как средство достижения договоренностей, либо как дополнительное ограничение в выборе стратегии неформального поведения (санкции через арбитражный суд).

При этом величина и структура цены есть результат институционально сложившегося порядка хозяйствования и величины транзакционных издержек, в которые включаются внепроизводственные издержки, связанные с обеспечением контрактов, поддержку исковой силы претензий, наличием чувствительных административных и экономических барьеров (влияний администраций территорий, картельных соглашений, иных стратегий аффилированных лиц), которые создают дополнительные издержки для фирм со слабой рыночной властью и периферийных территорий со слабым административным ресурсом. В этом заключается суть механики ценообразования.

Действие институционального фактора приводит к тому, что у периферии (и отраслей с низкой ликвидностью) наступает инвестиционный голод, объясняемый следующим образом. Уровень возврата инвестиций ROI , как известно, рассчитывается как

$$ROI = [R - (S^P + S^T)]I^{-1}, \quad (3.4)$$

где I – объем инвестиций, необходимый для производства и реализации продукции, обеспечения юридической защиты контрактной сети; R – доходы; S – текущие расходы.

Индекс «Р» означает трансформационные издержки, индекс «Т» – транзакционные издержки, связанные с обеспечением исковой силы претензий.

Кроме того, при прочих равных условиях

$$R_a = R_b, \quad S_a^P = S_b^P \quad (3.5)$$

транзакционные издержки субъекта, аффилированного с внешним бенефициаром (индекс «а»), становятся меньше, чем транзакционные издержки иных субъектов («b»)

$$S_a^T \ll S_b^T \Rightarrow ROI_a \gg ROI_b. \quad (3.6)$$

Учитывая сложившийся институциональный порядок, ожидаем, что распределение доходов в рамках модели «центр-периферия» соответствует схеме (3.3). Результатом пространственной экстерналии оказывается возврат инвестиций с возрастанием ликвидности активов в аффилированном субъекте гораздо больше, чем в ином случае. Однако при этом периферийные агент и территория теряют часть заработанной экономической ренты.

С одной стороны, рента R_{2ij} толкает к интенсификации производства. С другой – аффилированные агенты через действие экстрактивных институтов уводят прирост ренты (обедняют потенциальный пул инвестиций).

Данный механизм надо учитывать при рассмотрении ресурсоемких рынков. Рынки, на которых действуют ресурсоемкие компании, как правило, представляют собой рынки чемберлинского типа со свойственными им механизмами ценообразования и иными рыночными институтами. В условиях несовершенной конкуренции устанавливается экономический порядок, предусматривающий установление частного порядка в дополнение к действующему правовому порядку. Это приводит к правовой инверсии в части утверждения локальной приоритетности частного порядка над общими правилами (следствие пространственных экстерналий), тем самым усиливая системные риски экономики регионов и отдельных отраслей, особенно ресурсоемких.

Таким образом, экономическая жизнь территории организована в соответствии с ее институциональной матрицей и совокупностью распорядительных и распределительных центров, имеющих право распоряжения и упорядочивающих хозяйственные интересы при принятии решений, действующих на основании права собственности, административного права и иных институтов при осуществлении транзакций.

Право распоряжения выступает как системообразующий фактор. В отличие от технических систем, каждый агент экономической системы обладает свободой выбора в принятии решения. Поэтому действия агента должны быть регламентированы (посредством институтов), алгоритмизированы (посредством стандартов управления и технологий) и скоординированы, синхронизированы

(посредством определенных механизмов) для снижения трансформационных и транзакционных издержек.

Территория, на которой осуществляется оценка общей экономической ценности, в экономическом смысле – не просто административный район или статистический таксон. Она есть совокупность международных и межрегиональных отраслевых рынков и институтов координации экономических субъектов (посредством стандартов, ценовых и иных сигналов), функционирующих в условиях спецификации прав собственности, контрактной системы и конкуренции. Поэтому регулятивные причины (механизмы транзакций, создания и распределения ренты) будем искать в природе коллективных действий агентов как явлений экономического пространства. Полагаем, что экономика функционирует как система правил, по которым взаимодействуют экономические агенты, как система контрактов и разного рода соглашений, посредством которых агенты реализуют свои имущественные и неимущественные права. По мере установления коллективных связей и их институционализации структура экономического пространства постепенно упорядочивается. При этом основную роль играют синхронизированные коллективные движения агентов. «Синхронизация» и «коллективность» их действий определяют эффективность экономического пространства в части получения экономической ренты и осуществления транзакций, а также реализации процесса превращения *ренты* в *цену производства* (показано на рис. 3.1). В этом смысле территория является социальной геосистемой, свойства которой будут раскрыты ниже.

Структура цены в действующих контрактах является результатом сложившейся системы прав собственности и транзакционных издержек. В последние включаются издержки, связанные с обеспечением контрактов, внепроизводственные издержки, поддержку исковой силы претензий и т. д. Они также обусловлены наличием чувствительных административных и экономических барьеров (действий администраций территорий, таможенных органов, влияний картельных соглашений, иных кооперативных стратегий компаний), которые создают дополнительные издержки для фирм с недостаточной

рыночной властью и периферийных территорий с недостаточным административным ресурсом.

Если фирмы ценят свое будущее, то на рынках чемберлинского типа они начинают принимать согласованные решения (объясняемые в рамках задачи теории игр с установлением равновесия *в смысле Нэша*). Изменение концентрации экономической деятельности и общей ситуации в отраслевых рынках или секторах экономики происходит путем сговора, установления дружеских связей, приобретения контрольного пакета акций, использование франчайзинга и аутсорсинга, слияния предприятий и т. д. Основное воздействие подобных сделок проявляется в росте количества и размеров фирм и соответствующем усилении экономической концентрации на рынке.

Поскольку фирма выступает в роли структуры, минимизирующей общий уровень трансформационных и транзакционных издержек, то условием расширения ее деятельности является снижение затратности при осуществлении деловых операций. Как только транзакционные издержки фирмы в рамках реализации производственного процесса начинают превышать среднеотраслевые затраты на рыночные транзакции, фирма становится неконкурентной. Таков механизм действия фактора ограничения размеров фирм – периферийных (т. е. экономически слабых) агентов. Менеджмент будет либо сокращать размеры фирмы (оптимизировать систему управления и закрывать нерентабельные направления деятельности), либо менять статус резидента территории или иным образом трансформировать свою институциональную форму. Фирме легче уменьшать издержки, увеличивать масштаб производства, вертикально или горизонтально расширяться в условиях близости (как географической, так и институциональной) с зонами высокой концентрации экономической деятельности и центрами рыночной власти.

На товарных рынках чемберлинского типа вследствие действия экстрактивных рыночных институтов периферийные и экономически слабые отрасли и компании оказываются в условиях дискриминации. Они вынуждены функционировать по навязанным извне форматам (внешними бенефитными группами). В итоге, с одной стороны, монополизация ведет к накоплению ликвидности в центре, с другой – экономика сырьевой периферии и ресурсоемких отраслей

остается в состоянии инвестиционного голода и невозможности развивать капиталоемкое производство. В результате происходит вытеснение добавленной стоимости и вытягивание обрабатывающей промышленности из периферии в центр.

В итоге, в рамках действующего базиса землепользование остается в состоянии инвестиционного голода и невозможности развития капиталоемкого производства. В таких условиях меры по развитию сельских территорий, занимающихся деятельностью с низкой доходностью, в том числе и по противодействию деградации почв, обрекают эти территории на постоянное отставание в развитии и ставят под удар сначала пространственное развитие страны, а затем устойчивое землепользование и продовольственную безопасность. Механизм данной причинно-следственной связи раскрывается посредством дифференцированной пространственно-экономической ренты [118, 125].

В то же время в качестве регулятора на рынках несовершенной конкуренции (чемберлинского типа) государственная политика сама по себе плохо определена. В нашей стране она ограничивается только установленными нормами антимонопольного законодательства и некоторыми формами рыночного регулирования (налоги и субсидии, стандарты минимума качества и т. п.). Другие инструменты, такие как цены, вход на рынок или экономическое регулирование на уровне контрактов фирм и институциональных соглашений (например, институт лицензирования и другие инструменты аллокационной политики государства) используются явно недостаточно. Поэтому по-прежнему критерием эффективности является ликвидность вычисляемой банковской структурой.

3.1.2. Анализ связи экологических и финансовых показателей ресурсоемких предприятий при экологическом инвестировании

При формировании альтернативной инвестиционной реальности (установленной карбоновой повесткой и трансформацией мировой экономики) природные ресурсы рассматриваются как важнейшие экологические активы, в отношении управления которыми выстра-

иваются соответствующие финансовые и эколого-экономические регуляторы, которые институционально включаются в инвестиционный процесс [140]. Новая ситуация требует определенной управленческой и учетной адаптации ресурсоемких предприятий. Поэтому далее рассмотрим сегодняшние реалии в экологическом инвестировании.

В действующей системе учета большинство финансовых показателей ресурсоемких предприятий, характеризующих платежеспособность, финансовую устойчивость и деловую активность, в целом соответствуют установленным нормативам. Кроме того, в целях повышения платежеспособности предприятия осуществляются мероприятия по эффективности использования ресурсов и ускорению оборачиваемости капитала. При этом основными из приоритетных направлений деятельности таких предприятий являются оптимизация себестоимости продукции (в соответствии с мировой конъюнктурой и инновационными проектами), обеспечение конкурентоспособности предприятия, техническое перевооружение и модернизация производства, внедрение ресурсосберегающих технологий, а также восстановление мощностей сырьевой базы и охрана окружающей среды.

В соответствии с новыми стандартами, устанавливаемыми в мировой торговле, применяются соответствующие эколого-экономические регуляторы деятельности ресурсоемкого предприятия. В то же время эколого-экономическая безопасность обеспечивается при одновременном высоком уровне, как экологической ответственности, так и финансовых результатов функционирующих компаний. При этом, как правило, экологическая ответственность рассматривается в контексте социальной ответственности в целом. «Зеленая» репутация рассматривается как часть общей репутации компании. С одной стороны, это сказывается на взаимосвязи финансовых и прочих показателях. С другой – дает возможность обществу «продавливать» компании через социальный климат и механизм социальной ответственности в целях внедрения стандартов «зеленой» экономики. Возможности общества хорошо демонстрирует пример европейской экономики, даже чересчур отформатированной новыми зелеными стандартами.

Рынки, на которых действуют ресурсоемкие компании, как правило, представляют собой рынки чемберлинского типа. Это означает, что больший экономический вес (больше финансовых ресурсов) лучше обеспечивает доступ к природным ресурсам и соответствие социальным стандартам общества. Следовательно, у этих компаний появляется возможность инвестировать в программы корпоративной социальной ответственности [284, 348]. Положительную связь показателей корпоративной социальной ответственности и финансовых характеристик объясняют умением наладить взаимовыгодные отношения с местным сообществом, с представителями власти, что дает определенные финансовые преимущества, например, в виде налоговых льгот, инвестиций и т. д. [285, 286].

Крупные компании, используя институты чемберлинского рынка, в отличие от небольших фирм обладают возможностью использовать комбинации следующих эффектов:

- масштаба производства, проявляющегося в результате специализации производственных факторов и внедрения инноваций, ведущего к снижению средних затрат за длительный период времени;
- масштаба на транспорте (относительно транспортных издержек) и оптимальной логистики;
- локализации – по мере инновационного обновления элементов производственного процесса идет рост объема производства, предприятие становится ведущей организацией в отрасли по определенной номенклатуре продукции.

Поэтому в финансовых показателях при повышении уровня экологической ответственности снижается доля платежей и штрафов за загрязнение окружающей среды – за счет снижения и более эффективного расхода ресурсов и др. [287]. В ином случае наблюдается отрицательная взаимосвязь социальных и финансовых характеристик компании [288, 289], вызванная дополнительными расходами (транзакционными).

В работе [290] произведен расчет отношения к выручке компании экологических характеристик: расхода электроэнергии, расхода тепла, использования топлива (для обобщения разных видов топлива каждое из них было пересчитано в условное по угольному эквиваленту),

расхода воды, сброса сточных вод и/или передачи загрязненных на очистку другим компаниям, выброса загрязнений в атмосферу от стационарных и подвижных источников, объема образовавшихся отходов I–IV класса опасности без учета утилизации в собственном производстве. Финансовое состояние компании оценивалось на основании доли чистой прибыли в выручке и отношения среднегодовой рыночной цены обыкновенной акции текущего года к предыдущему.

Оказалось, что связь экологических показателей с долей прибыли в выручке более сильная, чем с динамикой рыночной цены акции [290]. Это свидетельствует как о низком доверии инвесторов к информации, предоставляемой самой компанией, так и о недостаточном ее распространении или же об отрицательном восприятии экологической стратегии достаточно большой группой инвесторов [291].

В работе [290] анализируется связь экологических показателей и динамики доли прибыли в выручке, сделан вывод о том, что по пяти экологическим характеристикам в целом наблюдается благоприятное влияние экологических и финансовых показателей, однако, по двум экологическим характеристикам (выброс загрязнений в атмосферу и объем образовавшихся отходов) и в целом желаемое изменение одних показателей ведет к нежелательной динамике других.

В работе [290] определены коэффициенты корреляции между относительными показателями – изменением экологических и финансовых характеристик за год. Наибольшая степень влияния наблюдается в отношении динамики финансовых результатов компании при изменении экологических параметров ее деятельности в прошлом (коэффициент корреляции в целом – 0,2). Повышение экологической ответственности в течение короткого промежутка времени дает положительный экономический эффект, а источники, необходимые для роста экологических характеристик деятельности, накапливаются более продолжительный период. При этом снижение котировок акций может являться причиной увеличения экологической ответственности для формирования благоприятного имиджа и последующего роста рыночной стоимости компании [290].

В работе [290] сделаны выводы, имеющие отношение к нашей теме (с точки зрения выбора регулятора деятельности ресурсоемких компаний), в частности, текущий высокий уровень финансовых

показателей сопровождается высокими экологическими характеристиками; в то же время в существующих институциональных условиях в России рыночная стоимость акций, по сравнению с прибылью, в меньшей степени зависит от экологической ориентации компании.

Результаты [290, 292] говорят о большем влиянии на финансовое состояние сокращения потребления энергии, а не уменьшения отходов и выбросов углекислого газа.

В то же время для российских компаний применительно к некоторым объектам экологической ответственности, в частности, выбросам загрязнений в атмосферу и отходам, наблюдается конфликт корпоративных финансовых и общественных экологических интересов. Экологические анонсы российских компаний, по сравнению с зарубежными, приводят к более значительному и продолжительному ухудшению корпоративных финансовых показателей. Это связано с увеличением дисперсии убеждений инвесторов при росте оцениваемого ими инвестиционного риска [290].

При этом формальное разрешение конфликта путем повышения экологических штрафов и налогов может приводить к ухудшению финансовых результатов. Экологические товары и услуги зачастую стоят дороже своих традиционных аналогов [293]. В то же время именно сокращение выбросов в атмосферу и объема образовавшихся отходов положительно воспринимается инвесторами [290].

Поэтому государству целесообразнее применять не санкционные меры, а стимулирующие, например, увеличивать доступность ресурсов для модернизации деятельности, а также развивать фондовый рынок, поскольку рост стоимости акций позволяет экономить на дивидендах и получать более дешевые кредитные ресурсы, а выпуск зеленых облигаций дает дополнительные заемные средства [290]. Таким образом, рынок зеленых облигаций является серьезным регулятором для усиления взаимосвязи финансовых и экологических показателей предприятий – участников фондового рынка.

Помимо экологических норм в мировой торговле стали учитывать имиджевый и репутационный аспекты. В торговые процессы все активнее включаются факторы, влияющие на репутационные издержки компаний. Например, рекомендуется проведение аудита компании, после чего отчет о проверке становится доступным,

например, на интернет-платформе SEDEX. Она представляет собой глобальную базу данных предприятий для обмена информацией о проведенных аудитах на предмет социальной и этической ответственности фирм.

Примером компании, которая прошла такой аудит, является ОАО «Карельский окатыш» [140]. Социальный аудит проводила шведско-финская компания SSAB по стандарту SMETA, который свидетельствует о высоком уровне социальной ответственности предприятия. Предприятие сертифицировано в области экологии на соответствие международному стандарту. Оно вкладывает значительные средства в охрану окружающей среды, работает над снижением выбросов и сбросов, совместно со специализированными компаниями утилизирует и вторично перерабатывает отходы производства и потребления.

На ОАО «Карельский окатыш» учитывают экологические последствия своей производственной деятельности и стремятся к постоянному снижению ее воздействия на окружающую среду. Основными направлениями проводимой экологической политики являются следующие [140]:

- осуществление производственной деятельности и ведение бизнеса в соответствии с установленными стандартами по управлению окружающей средой;
- стремление к постоянному улучшению системы управления окружающей средой с целью повышения общей экологической эффективности;
- провозглашение управления качеством окружающей среды одним из приоритетных направлений деятельности предприятия.

К основным экологическим принципам общества относятся [140]:

- соблюдение природоохранного законодательства и взятие обязательств по охране окружающей среды;
- мониторинг состояния окружающей среды, анализ получаемых результатов;
- разработка и внедрение мероприятий по оптимизации производственного процесса для постоянного улучшения экологической обстановки;
- забота о безопасности и здоровье работников предприятия;

- информационный обмен по вопросам охраны окружающей среды внутри предприятия и конструктивное сотрудничество с заинтересованными сторонами;
- повышение экологических знаний персонала и воспитание ответственности каждого работника за состояние окружающей среды;
- проведение аудита системы управления окружающей средой.
- снижение затрат, увеличение объемов и повышение качества продукции, при этом промышленная безопасность и экология остаются важнейшими приоритетами в работе предприятия.

Очень важно, что новые технологии не только улучшают качество продукции, повышают надежность работы оборудования, но и положительно сказываются на экологии. Ответственное отношение к использованию энергоресурсов и снижение экологической нагрузки – один из приоритетов предприятия. Оно реализует ряд проектов по снижению нагрузки на экологию, планирует дальнейшие шаги по природоохранным мероприятиям и созданию механизмов экологически ориентированного использования природных ресурсов.

Перед компанией стоит цель по дальнейшему снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В 2021 г. «Карельский окатыш» провел испытания цифровой модели управления обжиговой машиной. Она помогает экономить мазут и снижать выбросы оксидов углерода и серы при обжиге окатышей, сохраняя высокое качество готовой продукции. В то же время покупка «зеленых» облигаций тех же карбоновых ферм позволит еще увеличить финансовые результаты как за счет деловой репутации и привлечения инвестиций, так и за счет новых технологий и новой маржинальной прибыли, обеспеченной масштабом деятельности [140].

Таким образом, с одной стороны, для ресурсоемких предприятий (в основном поставляющих продукцию на мировой рынок) сегодня постепенно становится важным имиджевый и репутационный аспект. И даже не столько деловая репутация, сколько «зеленая» (в частности, сокращение выбросов в атмосферу и объема образовавшихся отходов положительно воспринимается инвесторами).

С другой – для поддержки своей репутации компании проводят не только инновационное переоснащение производственных процессов, но и осуществляют мониторинг состояния окружающей среды, проводят внутренний аудит системы управления окружающей средой и в целом социальный аудит, который свидетельствует о высоком уровне социальной ответственности предприятия; заключают соглашения со стейкхолдерами в части устойчивого развития местного сообщества.

Как показал предыдущий анализ, огромное стимулирующее влияние может оказать рынок «зеленых» облигаций и иных ценных бумаг и деривативов. В то же время в существующих институциональных условиях в России рыночная стоимость акций, по сравнению с прибылью, в меньшей степени зависит от экологической ориентации компании. Поэтому необходим иной альтернативный подход к составу и оптимизации рыночных регуляторов и выстраиванию институционального дизайна. Однако сначала нужно прояснить процесс ценообразования в сложившемся на сегодняшний день институциональном дизайне регуляторов и объяснить причину сложившейся дискриминационной ситуации с ресурсоемким производством.

3.1.3. Институциональный капитал переструктурирования землеустройства в новую инвестиционную реальность

Рынок – это организованный, систематический и институционализированный обмен товарами и услугами. Он требует формирования определенной институциональной среды (правил игры), определяющей экономический порядок и форматы контрактов, предусматривающих установление частного порядка в дополнение к судебному (общему) порядку. Действующее законодательство, регулирующее деятельность экономических субъектов, содержит значительное число диспозитивных норм, позволяющих маневрировать в институциональном поле. Территория в экономическом смысле – это не просто административный район или таксон. Она есть совокупность международных и межрегиональных отраслевых рынков и институтов

координации экономических субъектов (посредством стандартов, ценовых и иных сигналов), спецификации прав собственности, контрактной системы и конкуренции. Экономическая жизнь территории организована в соответствии с ее институциональной матрицей и совокупностью распорядительных и распределительных центров, имеющих право распоряжения и упорядочивающих хозяйственные интересы при принятии решений, действующих на основании права собственности, административного права и иных институтов при осуществлении транзакций. При этом одновременно идет конкурирующий процесс размывания формальных рамок за счет институционализации неформальных правил хозяйственного взаимодействия. Неформальное регулирование корректирует экономическое поведение, в том числе законопослушное, придавая ему социокультурную специфику. Сущность процесса деформализации состоит в создании пространства хозяйственной маневренности и гибкости, позволяющего превзойти возможности, дозируемые формальными институтами. При этом формальные нормы не нарушаются, а неукоснительно исполняются, выступая как средство в механизме неформального согласования интересов и достижения легитимности субъекта.

Сложившийся порядок хозяйствования определяется также балансом экстрактивных и инклюзивных институтов. Экстрактивные институты способствуют концентрации власти в центре и распространяют на территорию периферии правовое поле внешних бенефициаров, поддерживая исключительно их компетенцию. Данные обстоятельства характерны для рыночной структуры чемберлинского типа. Формулировка рыночной структуры заимствована из работы А. Диксита и Дж. Стиглица [281].

В контексте действия регулятивных механизмов – формально-неформального и экстрактивно-инклюзивного в правовом поле территории (особенно периферийной) условно выделим четыре «зоны» регулирования социальной практики (рис. 3.2).

Развитие экономической системы требует формирования определенной институциональной организации, определяющей экономический порядок и форматы контрактов, предусматривающих установление частного порядка в дополнение к правовому порядку. Вопрос совмещения таких логик – это, в конечном счете, вопрос

Зона 1

- Теоретически выделяемая область хозяйствования, где *формальное регулирование абсолютно, т. е. не корректируется неформальными нормами*

Зона 2

- **Экономическая деятельность, имеющая два режима регулирования – формальный и неформальный.** При этом формальный механизм доминирует
- Неформальные регуляторы заполняют ниши, не охваченные формальными правилами, или же действуют как социокультурная коррекция (через социальные бренды) формального регулирования
- Неформальные институты не противоречат формальным нормам (законам и контрактам), а лишь выступают дополнением или «подналадкой» их действия

Зона 3 (правовая инверсия)

- **Два режима регулирования. Неформальные нормы составляют конкуренцию формальным правилам, по сути подменяя их**
- **Законы** подменяются нормами частного права, так экономическая деятельность (транзакция) форматируется «типовым» контрактом, а то и просто договоренностью. В условиях несовершенной конкуренции это приобретает решающее значение и приводит к правовой инверсии в части утверждения локальной приоритетности частного порядка над общими правилами (следствие пространственных экстерналий)
- Однако формальные институты работают и здесь, но либо как средство достижения неформальных договоренностей, либо как дополнительное ограничение в выборе стратегии неформального поведения (санкции через суд)

Зона 4

- **Зона безраздельного неформального регулирования экономики, где обычное право** монополизирует регулятивную функцию ввиду отсутствия законодательных норм

Рис. 3.2. Институциональные зоны регулирования социально-экономической практики землеустройства территории

о возможности эффективного партнерства самоорганизации и бюрократии. На рис. 3.2 представлены четыре зоны, отражающие комбинацию формальных и неформальных правил. Таким образом, неформальные практики как механизм укоренены в зазоре законов. И чем глубже этот зазор и слабее механизм принуждения к исполнению закона, тем обильнее неформальные практики. Неформальные практики – это мосты, опорами которых являются, с одной стороны, законодательные правила, с другой, социальные нормы.

Действием мезоинститутов определяется зона 4 (рис. 3.2), действующая на рынках чемберлинского типа и зона 3 при правовой инверсии. На земельном рынке ситуация сдвинута в сторону неформальных (местных) институтов. Поэтому полагаем, что несправедливое распределение экономической ренты (и земельной ренты) является основанием для внедрения элементов дирижистской политики (зона 2 на рис. 3.2). Укрепление формального порядка должно осуществляться через расширение сферы государственного вмешательства (интервенция вширь) или через усиление роли государства в уже регулируемых сферах (интервенция вглубь) (рис. 3.3).

Тогда произойдет постепенное накопление институционального капитала, правильное использование которого (без провалов) создаст необходимые условия для переформатирования землеустройства в новую инвестиционную реальность.

Вообще идея **институционализации капитала** принадлежит П. Бурдье [294], определившего три различных состояния (формы) капитала: инкорпорированное, объективированное и институционализированное. Через последнее состояние (форму) концептуально осуществили переход от долговой экономики – к реальной и от «фиатной» ликвидности – к полезности, создаваемую и легитимизируемую посредством институционального капитала. Последний

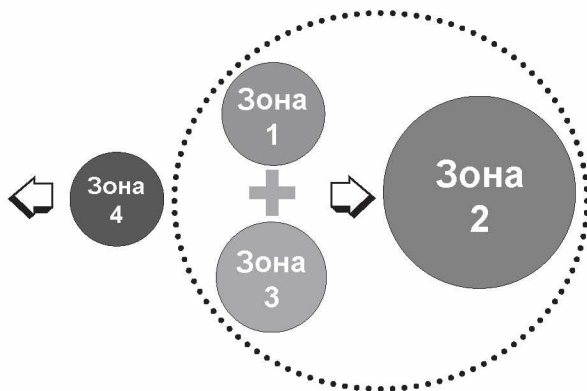


Рис. 3.3. Институциональная модель переформатирования землеустройства

понимается в смысле реализации организационных возможностей территории отвечать на вызовы и снижать транзакционные издержки [295, 296].

В этом же смысле согласимся с мнением о том, что под институциональным капиталом региона можно понимать «обладающие высоким потенциалом институты, функционирование которых обеспечивает эффективное развитие институциональной системы на данном уровне хозяйствования, оптимизацию транзакционных издержек, повышение отдачи от других видов капитала, генерацию институциональных инноваций, обеспечивающих инновационный тренд развития. Институциональный капитал можно рассматривать в качестве результата функционирования и развития институциональной системы (системы взаимосвязанных формальных и неформальных институтов) ...» [296, С. 133]. В то же время скорректируем данное определение, во-первых, изменив вектор целевой направленности *институционального* капитала с *инновационного* на *резилентный* (в смысле процесса) и *инвестиционный* (в смысле результата); во-вторых, добавим существенный элемент в виде *оптимизации институционального дизайна регуляторов*, определяющего уровень компетенции системы управления.

В таком случае наработанный институциональный капитал позволит обеспечить геоэкономическую субъектность региона (его резилентность) и расширить (и укрепить) ареал его компетенций. Чтобы не допустить провалов, оптимальный дизайн рыночных механизмов должен выстраиваться при соблюдении баланса процессов бюрократизации и самоорганизации, при рациональном взаимодействии государственного, частного, монопольного и общественного секторов на основе правильных стимулов. Поэтому предполагается такая системная настройка институционального дизайна страны или региона, которая должна учитывать баланс институтов (формальных и неформальных, экстрактивных и инклюзивных), государственные институты развития, пространственные экстерналии и т. д. Укрепление формального порядка осуществляется через расширение сферы государственного вмешательства (интервенция вширь) или через усиление роли государства в уже регулируемых сферах (интервенция вглубь), не допуская провалов институционального капитала при переводе землеустройства в новую инвестиционную реальность.

Таким образом, чтобы встроиться (адекватно, эффективно, на основе институционального капитала и без ущерба природному капиталу региона) в современный институциональный дизайн, определяющий *новую инвестиционную реальность*, помимо технологических производственных и инвестиционных решений необходимо обеспечить экономическую и экологическую безопасность региона и выполнить следующие действия:

- в рамках действующих стандартов сконструировать алгоритм взаимовыгодного сотрудничества, контрактации и обеспечения договоров исковой силой в целях снижения транзакционных издержек, в конечном счете, определяющих масштаб деятельности агента и его легитимность как сертифицированного агента;
- внедрить систему правильных стимулов и мотивов для привлечения инвесторов (с одной стороны) и снижения оппортунизма стейкхолдеров (с другой стороны) для расширения масштаба деятельности агента и развития форм государственно-частного партнерства (ГЧП) и муниципально-частного партнерства (МЧП) и иных государственных институтов развития для регулирования социальной ставки дисконтирования;
- разработать и внедрить коммерческие бренды, обладающие коммерческой значимостью и способные эффективно реализовываться в условиях сложившегося локального равновесия межрегиональных и мировых рынков и действующей конфигурации рыночной власти и оптимизации социальных регуляторов;
- помимо коммерческих брендов использовать соответствующие легитимные (придающие прочность институциональному капиталу) социальные бренды. Это повысит устойчивость (резилентность) региона (территории) в условиях трансформации структуры социальных отношений общества и активного действия экологических императивов, выдвигаемых климатической повесткой.

При этом надо создавать не просто систему взаимосвязанных документов, а систему взаимосвязанных информационных организационных моделей и соответствующую структуру управления, которая и будет создавать требуемые документы. Такой процесс называется

регулярной актуализацией, возбуждаемой и стимулируемой в рамках технологии когнитивного управления, и проектирования взаимосвязи когнитивных функций социальной системы с управленческими для подготовки ответа на карбоновый вызов и встраивание землеустройства в институциональный ESG-порядок.

3.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ МОНЕТИЗАЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РИСКОВ

В предыдущей главе мы рассмотрели институциональный аспект монетизации природного капитала. Далее речь пойдет о том, как считать и можно ли установить *справедливый* счет (на основе критерия полезности, а не исключительно ликвидности).

В качестве важнейшей компоненты теории выступает математический язык. При этом термин математический означает, что математика рассматривается как научный язык, позволяющий кратко и четко излагать физические, экономические и иные законы, а также проводить расчеты конкретных прикладных задач и использовать вычислительный алгоритм как четко детерминированную последовательность когнитивных операций. В этой связи после философских оснований проанализируем вопрос о геометрии пространства и математическом формализме искомого референта и построим семантическую конструкцию на основе идеи инвариантности параметров пространства относительно фиксированных групп преобразований.

3.2.1. Типология подходов к моделированию монетизации землепользования

При оценке эффективности землепользования и выборе соответствующих мер в момент $t + 1$ при прежнем режиме или смене стадии демулационной сукцессии управляющая система при внедрении ESG-инвестирования исходит из эффекта PF (увеличение общественного блага и коммерческого бренда). Данный эффект может

быть получен как от реализации мер по изменению режима землепользования, выбора способа хозяйствования в том или ином регионе, так и от наличия (или отсутствия) маркировки продукции, выпускаемой в регионе с указанием «углеродного следа» для определения «углеродного налога» и «компенсации» («зеленой» облигации). Таким образом, в ожидаемый эффект входит ожидаемая приведенная прибыль с учетом всех расходов, как трансформационных, так и транзакционных, включая учет стандартов межрегиональной и международной торговли, а также реальности рыночной структуры и наступления системных рисков.

Для типологизации подходов к моделированию воспользуемся изложенными ранее различиями принципа рациональности при смене категориального стиля мышления. Используя предыдущий анализ и предложенный критерий систематизации (часть 1), рассмотрим подходы к моделированию экономической оценки землепользования.

1-й подход (традиционный) осуществляется вне процесса инвестирования: основан на составлении сметы и ограниченного бухгалтерского учета, применяемого, однако, лишь для оценки операционной деятельности и учета отдельных хозяйственных операций при дефиците внятных целей для инвестиций.

В рамках классической трактовки рациональности для оценки дохода D (эффективности операционной деятельности агента используются показатели, основанные на денежных потоках) осуществляется расчет параметров инвестиционного проекта и оценка его эффективности в рамках предпроектных исследований:

- чистый денежный поток; денежный поток от операционной деятельности;
- срок окупаемости и дисконтированный срок окупаемости инвестиций;
- текущая стоимость и чистая текущая стоимость;
- дисконтированный индекс доходности и т. д.

2-й подход осуществляется в процессе инвестирования: основан на бухгалтерском учете деятельности компаний и частично экономическом учете санкций в условиях изменяющегося рынка, однако, совершенного (идеализированного), поэтому по-прежнему при дефиците внятных целей для инвестиций.

Стационарность процессов снижает эффективность прогноза; точнее делает его невозможным, поскольку инвестиции – это игра в долгую, когда фактором является не просто время, а эволюционные ритмы общества и экономические циклы и, соответственно, характер способа производства. Так в каскадной модели Хэйса-Янга-Потчина [151] соотношение предоставленных, необходимых и используемых объемов экосистемных услуг определяется, с одной стороны, интенсивностью и устойчивостью функционирования экосистем, с другой – социально-экономическими характеристиками территорий (плотностью населения, экономическим развитием, транспортной доступностью, имеющимися механизмами и средствами использования экосистемных услуг). В то же время здесь используется макроэкономический подход, в котором нет пространственного измерения (в смысле экономического пространства) и не учитывается институциональное и социальное различие территорий.

При этом в системе национальных счетов (СНС) «Счета природных активов» являются частью экономических активов, которые определены как объекты, на которые институциональные единицы обладают правами собственности, кроме тех активов (услуг), которые не имеют стоимостного выражения или на которые не распространяются права собственности [297]. Поэтому главным критерием является доход D и ликвидность предприятия K (способность превращать свои активы в деньги для совершения всех необходимых платежей по мере наступления их срока), а также потери δD (санкции) и компенсации ΔD .

В качестве показателей ликвидности используются следующие:

- коэффициент текущей ликвидности или коэффициент покрытия равен отношению оборотных активов к краткосрочным обязательствам (текущим пассивам);
- коэффициент быстрой ликвидности рассчитывается делением ликвидных активов на краткосрочные обязательства;
- коэффициент абсолютной ликвидности показывает платежеспособность компании и помогает сделать дальнейший прогноз ее деятельности. Он позволяет понять, какую часть текущих долгов можно быстро погасить за счет собственных средств организации, продав быстро реализуемое имущество;

- рентабельность продаж – это отношение чистой прибыли к затратам. Она показывает, сколько прибыли получает компания с каждого рубля, вложенного в производство;
- норма чистой прибыли (или коэффициент чистой рентабельности) – измеряемое в процентах отношение чистой прибыли к выручке. Соответственно, он служит характеристикой доходности (эффективности) осуществляемой деятельности. Оценка эффективности инвестиционных вложений в бизнес.

3-й подход осуществляется в рамках инвестиционной реальности: опирается на понимание иного механизма ценообразования, отличного от рынка совершенного типа. Поскольку в литературе концепт освещен пока недостаточно, то ему будет уделено несколько больше внимания. В рамках реляционного концепта получаем новую онтологическую модель, которая базируется уже на трех глобальных категориях – *пространство, время, компетенция*. Такая «новая системность» основана на *экзогенном* восприятии системы как некоторого *фрагмента* реальности, выделяемого в *пространстве* (1) и во *времени* (2), и с существенным усилением *субъективного* (3) компонента. Данный компонент обозначили категорией «*компетенция*».

В этом случае используется мезоэкономический подход, учитывающий институциональное различие территорий, а также компетенций их системы управления. Это позволяет перейти к институциональным моделям, способствующим инвестиционной активности в целях адаптации к изменениям климата, повышения качества экономического роста и уровня жизни населения. При этом в новых условиях такие инвестиции нацеливаются на поддержание качества природного капитала, включая земельные ресурсы [35].

При этом в качестве объекта управления выступает территориальный объект – комплексная геосистема, включающая в себя как однородные природно-территориальные комплексы с одинаковым геологическим фундаментом, мезоформами рельефа и климатом (природная геосистема), так и промышленно-территориальные и иные региональные комплексы, функционирующие в едином институциональном и социальном климате (социальная геосистема).

Поэтому необходимо учитывать не только контекст переформатирования землеустройства, но и сложную мозаику функциональных зон (промышленных, селитебных и т. д.), сформированных в соответствии как с районированием, так и зонированием территории. Такой подход позволяет исследовать структуру, т. е. порядок, закономерности взаимодействия элементов, а также экономическое пространство как универсум (философскую категорию и познаваемую форму существования социальных геосистем). В фокусе внимания оказываются территории как инвариантные ареалы с одинаковыми социальным и экономическим климатом, институционально установленным порядком, представляющие из себя «плотное» экономическое пространство, «бурлящий котел» транзакций, цепочки системы контрактов, сетей, на которые оказывают влияние как эндогенные механизмы, так и пространственные экстерналии. Все это составляет в целом ареал *компетенций*. Так регион в социокультурном смысле представляет собой ареал идентичности. При этом в отличие от традиционного подхода, рассматривающего конкурентное ценообразование и на этом основании полагающего экстерналии не меняющимися рыночной структуры, здесь предполагается, что пространственные экстерналии вызывают эндогенные механизмы, характерные для рыночной структуры чемберлинского типа [118, 125]. Они меняют рыночную структуру и переформатируют ареал компетенций. А в такой ситуации допущение вальрасовского макроэкономического равновесия становится не корректным.

В исследуемом подходе метрика пространства как экономического поля в общем случае неевклидова, а полярная. При этом характеристики поля можно свести к одной скалярной величине – потенциалу поля, выражаемое через значение полевой функции. Примем допущение, что в качестве полевой функции выступает *рентная функция (капитал)*. Она распределена в пространстве, создает эффекты концентрации и отражает дивергенцию свойств поля. В этом заключается главное отличие описания экономического поля от описания экономического агента.

Поэтому экономическое пространство представляет собой самостоятельный производственный фактор. С помощью такого утверждения соединяем его с микроэкономическим подходом. А соединение

с макроэкономическим подходом делаем через введение понятия локального равновесия, в основу которого положена известная «концепция оптимальных регионов» Леша и «региональная концепция» Изарда (цит. по: [298]). Тогда регион (а точнее ареал компетенций) в экономическом смысле представляем как совокупность отраслевых межрегиональных рынков с границами, обусловленными межрегиональной конкуренцией, причем границы рынков проходят по линиям безразличия, что обеспечивает устойчивость локального равновесия, т. е. такого состояния системы, при котором остаются неизменными по времени геометрические и макроэкономические величины этой системы.

Применяя операцию осреднения по пространственным координатам, получаем либо биосферу в целом, либо ее части, либо локально расположенный объект. В связи с учетом географического измерения далее используем понятие геосистемы. Данный термин был ранее введен Б. Сочава для обозначения территориально единой совокупности природных компонентов, непосредственно взаимодействующих друг с другом и как единое целое – с внешней средой) [299]. Различают три масштабных уровня геосистем: планетарный (биосфера), региональный (ландшафты, зоны и др.) и локальный (экосистемы и др.) [300]. Поскольку мы рассматриваем региональный уровень (автономного институционального субъекта – социальную геосистему), то речь идет об эволюционном согласовании и моделировании социальных и природных геосистем, т. е. объектами являются регионы и функциональные зоны, включающие в себя ландшафты, экосистемы и т. д. Данный уровень предъявляет иные методологические основания к описанию данных объектов и решению прогностических задач. Они отличаются от макро- и микрподходов, используемых для описания национальной экономики и отдельных предприятий. Далее понятия «геосистема» и «система» будем использовать как синонимы.

Регион как экономическая система – это не монолитный однородный таксон, а самоорганизующаяся система, выступающая как система **организованных, систематических и институционализированных** экономических обменов, смен прав собственности, как совокупность распорядительных и распределительных центров,

имеющих право распоряжения и упорядочивающих хозяйственные интересы при осуществлении транзакций. В этом смысле право распоряжения выступает как системообразующий фактор.

В представленной логике рассматривается инвестиционный выбор альтернатив резидентами периферии, когда потенциальные инвестиции в ту или иную отрасль периферийного региона являются заменителями между собой, но плохими заменителями операциям вовне. Это происходит из-за того, что структура цены в действующих контрактах является результатом сложившейся системы прав собственности и транзакционных издержек (см. раздел 3.1). Поэтому для обоснования долгосрочных решений необходимо использовать структурную модель экономической ценности (формула 3.3), которая учитывает морфологию экономического пространства.

Монетизация экосистемных услуг – процесс не экономически абстрактный, а экономически конкретный. Его конкретность задается установленным порядком и заданной системой счета. Так монетизация экосистемных услуг в стандарте ESG определяется как легитимный (в рамках установленных институтов) финансовый результат деятельности агентов и региона при реализации производственного и инвестиционного процесса, осуществленного в данном стандарте, т. е., по сути, компетентностью региона, а не величиной природного капитала. Таким образом, величина природного капитала, оцениваемая экспертами, по сути, не совпадает с истинной ценностью – величиной монетизации экосистемных услуг. Последнее определяется субъектностью системы управления, а также ареалом и уровнем ее компетенции

В соответствии с новыми стандартами, устанавливаемыми в мировой торговле, применяются соответствующие эколого-экономические регуляторы деятельности ресурсоемкого предприятия [140]. При этом эффективность коммерческого бренда определяется либо через бухгалтерские издержки и прибыли, либо экономические (включая монопольную ренту на природные ресурсы). Второй вариант возможен исключительно при условии легитимности – наличия входного карбонового билета. Соответственно для оценки эффективности не только коммерческого бренда требуется учесть и социальный бренд, управляющий производственными процессами, то помимо

дохода и ликвидности предприятия D используются и иные показатели, такие как эффект территории (рента R), потери (трансформационные и транзакционные) δD и δR , компенсации ΔD и ΔR , а также соответствующие критерии оптимизации: минимум транзакционных издержек при максимуме доходности предприятия (коммерческий бренд) и экономической ренты региона (социальный бренд). Необходимо учитывать территориальную, отраслевую или технологическую специфику транзакций и в рамках диспозитивности и процессуальности норм гражданского права (значение имеет пространство и время) посредством мезоинститутов внедрять «адвокатирование» транзакций и обеспечение «входного карбонового билета».

Эксперты в работе часто применяют методы оценки, включающие оценку объекта, а также те, которые рассматриваются как способы расчета частных величин в составе процедуры оценки. Существуют методы проведения оценки, приводящие к конечному результату оценки в рамках конкретного подхода, есть методы расчета отдельных параметров, которые предусматриваются в вариациях подходах и методах оценки.

Поэтому для разведения подходов оценки воспользуемся рекомендациями, предложенными в работе Стиглица-Сена-Фитусси [113] о разделении задач и последующем согласовании моделей социальных и природных геосистем. Кроме этого, воспользуемся предложенным в работе [300] разделением подходов по способу пространственно-временного измерения и описания пространственной структуры изучаемого объекта. При этом хронологическая дифференциация каждой из компонент сохраняется в непрерывном виде, а пространственная – в дискретной форме.

Учитывая сказанное, предлагаем в целях формирования эффективных механизмов и правильной монетизации экосистемных услуг (в части выбранных объектов) построить модель выбора альтернатив по аналогии модели выбора потребителей Диксита-Стиглица [113], примененной П. Кругманом к странам как отдельным частям мировой экономики [301]. Данный подход (также развиваемый и в отечественной литературе [302]) имеет широкое применение к разным экономическим явлениям. В нашем случае подход применяем к частям экономического пространства более крупного масштаба –

регионам. Он позволяет нам сфокусировать внимание на факторах, влияющих не только на структуру экономических (и в целом социальных) отношений, но и определяющих отношение к полезности, приносимых природными системами, а не только как к утилитарным ресурсам – факторам производства.

Важно учитывать ожидания рынка, а также то, что экономика – это помимо всего еще и искусство, и техника принятия решений в контексте длинных противоречий и ресурсных ограничений. Поэтому огромное значение приобретают умения и навыки договариваться, координировать и регулировать (формально и неформально) имущественные отношения, учитывая такой системообразующий фактор как право распоряжения имуществом (в том числе природными ресурсами).

В таком случае определим монетизацию через математическое ожидание ликвидности брендов (в стандарте ESG). При этом ликвидность брендов будем сопоставлять не только с бюджетными ограничениями, но и системными рисками. При серьезном системном риске необходимо говорить, с одной стороны, уже не об устойчивом развитии, а о выживании в условиях стрессов. С другой – данная ситуация предъявляет системе управления повышенные требования (к ее эффективности, институциональной согласованности и т. д.), которые, в конечном счете, все равно «встретятся» со структурой местных институтов. Таким образом, риск (а также его учет в системе принятия решений) является мерой управления развитием территорий, инвестирования, реализации инновационных, экологических и иных проектов [303]. Поэтому задача решается как вероятностная.

Как раз ДСК-подход [113, 301] позволяет описать, по сути, как вероятностный результат, так и децентрализованные решения в условиях ESG-инвестирования (как выбор потребителя, в нашем случае – выбор общества). При этом используется как разная эффективность и определенная вариативность способа монетизации природных услуг, так и разная оптимизация выбора общества, основанная на тех или иных ценностных императивах. В таком смысле стоимость экосистемного сервиса – это наиболее *вероятная* расчетная величина. Следовательно, ее эффект определяется (независимо от выбранного подхода оценки) как следующая вероятностная величина [113, 301, 302]:

$$PF(t) = E \left(\int_{T_h}^{T_H} W dt \right), PF(t) = E \left(\sum_{T_h}^{T_H} w * f_w(\tau, w) \right), \quad (3.7)$$

где E – математическое ожидание, W – функция полезности, T_h – момент фиксации или изменения режима землепользования, соответствующий стадии демулационной сукцессии (h), T_H – расчетный период, $f(\tau, w)$ – плотность вероятности, τ – фактор дисконтирования.

Функцию полезности определим как составную отдельных полезностей w_i (сопряженных с экосистемным сервисом), $W = \{w_i\}$. При этом определим функции w_i , как находящиеся также в сопряжении с компетенциями и устанавливаемыми стандартами. В частности, климатическая повестка внедряет в мировую экономику стандарты «углеродной экономики», в соответствии с которыми поверяется способ хозяйствования на предмет стандартам низкоуглеродной экономики. При этом та или иная территория получает или ущерб, или прибыль согласно установленным институтам.

Таким образом, модель монетизации при выборе альтернатив имеет вид:

$$w(x_0, x_1, \dots, x_n) = W(x_0, V(x_1, \dots, x_n)), W = \{w_i\}, \quad (3.8)$$

$$PF(t) = E \left(\int_{T_h}^{T_H} w * f(\tau, w) dt \right) \rightarrow PF(t) = E \left(\sum_{T_h}^{T_H} w * f(\tau, w) \right).$$

$x_0 \stackrel{\text{def}}{=} PF$

Предполагается, что функция полезности обладает следующими свойствами: функция гомотетична по всем своим аргументам; сначала находится оптимум субполезности V (результативные (не промежуточные) показатели действия институтов развития), а затем в рамках бюджетного ограничения определяется масштаб использования полезностей [302]; т. е. предполагаемый объем инвестиций и эмиссию ценных бумаг (ЦБ) в стандарте ESG.

Поэтому сначала находим оптимум субполезности V (результативные (не промежуточные) показатели действия институтов развития), а затем в рамках бюджетного ограничения определяется масштаб использования полезностей [302]; т. е. предполагаемый объем инвестиций в стандарте ESG, включая зеленые ЦБ.

С точки зрения применения теории систем выбирается оптимальный план (x_0, x_1, \dots, x_n) , удовлетворяющий приведенным огра-

нижениям ESG-инвестирования, на котором функционал PF достигает максимума, а функционал субполезности V определяется системой заданных институциональных условий. Оптимизация эффекта в рамках ESG-инвестирования определяется как

$$PF(T_h(h), C, R) \rightarrow \min_C \max_R, \quad (3.9)$$

где C – затраты, R – рента, приносимая экономическим потенциалом территории (включая природный капитал).

Решение задачи оптимизации можно интерпретировать как установление равновесия при условии $C > 0$ и $R > 0$. При этом социальная система «знает» принципы, по которым природная система выбирает оптимальное решение (например, по критерию «минимальные затраты энергии») при любых стратегиях социальной системы.

При этом сложными вопросами являются следующие:

- во-первых, как синхронизировать и методологически согласовать представление динамичных структур в экосистемах и социосистемах,
- во-вторых, как реализовать модель монетизации в рамках разделенных задач для выбранных объектов (ячеек пространства).

По поводу первого вопроса заметим, что в общем случае ценность определяется с точностью до какой-то цифры по определенной шкале и определенной логике, которые институционально заданы, причем на основе баланса институтов. Вопрос также заключается в том, как воздействовать на данные институциональные решения, а главное, как усилить роль децентрализации в управлении, т. е. усилить роль социальных брендов.

По предложению экспертов из группы *Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment* [303] набор ценностей, размещенных получаемых от экосистем, можно определить и как социокультурную идентичность. Эти ценности выражаются через обозначение священных видов или мест, разработку социальных правил, касающихся использования экосистем, природного капитала.

Для многих людей социокультурная идентичность может в той или иной степени определяться экосистемами, в которых они живут и от которых зависят, в той мере, в какой экосистемы связаны с самой идентичностью сообщества. Поэтому социокультурная ценность

экосистем превосходит удовлетворение утилитарных предпочтений [304], а сами социальные бренды влияют на культуру отношения к окружающей среде [305]. Саму идентичность в первом приближении можем переобозначить через институциональные и социальные укорененности [306]. Тогда в соответствии с новой географией [307–309] данные категории объясняют различия производственного процесса и особенности способа производства в разных странах, к которым тогда корректно применить микроэкономический подход. В нашем случае по тем же основаниям мы применяем подход к таким объектам моделирования, как регион и функциональная зона, действующих в условиях системного риска и становления низкоуглеродной экономики.

Второй вопрос затрагивает когнитивную сложность создаваемой системы управления геосистемами. Вообще говоря, применяемая модель должна быть сопоставима по сложности моделируемой реальности. Поэтому, чтобы построить модели, адекватные сложности предполагаемых действий по управлению сложным объектом, постановка задачи нуждается в выяснении порядка взаимосвязи элементов системы, определяющего равновесие и эволюцию структуры отношений в подсистемах. Одновременно накопившаяся сложность структурных взаимосвязей заставляет соблюдать известный закон У. Эшби [310, 311] с точки зрения применения теории систем. В соответствии с законом сложная система должна иметь большее разнообразие, чем разнообразие спектра решаемых проблем, или должна быть способной создать такое разнообразие. Модель сложного динамического объекта должна обладать способностью менять свое состояние в ответ на возможное внешнее возмущение и реагировать на слабые сигналы. Она должна иметь пространственно-временное измерение и учитывать согласование эволюционных шагов, в которых функционируют ее подсистемы.

Помимо общей настройки способа хозяйствования, требуется учесть следующий методологический момент. Если объединить категории «текущее благополучие» и «устойчивость» в один показатель, то возникает неопределенность или когнитивный диссонанс. С одной стороны, требуется согласование одновременно используемых абстрактных моделей микроэкономического равновесия и макроэкономического равновесия, с другой – согласование стоимости,

имеющей финансовое измерение короткого цикла, и потребительской стоимости, имеющей общественное измерение и выраженное в социальных брендах, при ненулевых транзакционных издержках (коммуникации социальных брендов в рамках социально ориентированного маркетинга не бесплатны) и системных рисках.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, для достижения цели снижения системных рисков и принятия соответствующих решений в условиях ESG-инвестирования решаем комплексную задачу:

- базовую задачу (определяется эффективность коммерческих брендов $PF^{(1)}$);
- частную задачу (находится эффективность социальных брендов $PF^{(2)}$ как оптимум субполезности V , в рамках формального подхода из анализа элементов институциональной матрицы – программных и проектных документов, в рамках бюджетного ограничения региона определяется масштаб использования полезностей).

Задача экономической оценки (монетизации) экосистемного сервиса в рамках ESG-инвестирования определяется как задача нахождения оптимума определенных целевых функции $PF^{(1)}$ и $PF^{(2)}$ при выполнении ряда условий и ограничений:

$$\begin{aligned} PF^{(1)}(C1, D) &\rightarrow \min_{C1} \max_D & (3.10) \\ PF^{(2)}(C2, R) &\rightarrow \min_{C2} \max_R, \end{aligned}$$

где $C1$ и $C2$ – затраты (убытки) организации и общества, D – доходность организации (включая зеленые ЦБ), R – рента, приносимая экономическим потенциалом территории (включая карбоновые квоты и налоги).

Учитывая длинный горизонт планирования и названные обстоятельства, рассмотрим далее модель полезности природных активов с учетом *социальной ставки дисконтирования «ε»*. Тогда итоговая модель монетизации используемых природных активов в режиме карбоновой экономики приобретает следующий вид:

$$\begin{aligned} w(x_0, x_1, \dots, x_n) &= W(x_0, V(x_1, \dots, x_n)), \quad W = \{w_i\}, & (3.11) \\ PF^{(1)} &\stackrel{\text{def}}{=} E(\sum_t^N (\sum_{i=1}^m x_{0i} * f_{PF}(\varepsilon, x_0) | PF^{(2)})), \\ PF^{(2)} &= E(\sum_t^N (\sum_{i=1}^m w_i * f_{PF}(\varepsilon, w))), \end{aligned}$$

где x_0 – суммарная оценка коммерческих брендов (реализуемых в рамках единой системы ликвидности) или оценка ликвидности $PF^{(1)}$, которая в свою очередь определяет бюджетные ограничения для получения предельной полезности в стандарте ESG, $f_{PF}(w, \varepsilon)$ – плотность вероятности, ε – социальная ставка дисконтирования (дисконт-фактор), W – функция полезности, w_i – отдельные полезности (почвенные и иные функции экосистем и социальных систем), социальные бренды с эффективностью $PF^{(2)}$, V – функция субполезности, возникшая из-за эластичности спроса на разные социальные бренды.

В случае изменения масштаба объекта моделирования (в нашем случае – это регион, ландшафт, почвенный покров, функциональная зона) мы должны учитывать особенности геосистемы. Для этого используем отраслевое приближение, основанное на анализе рынка, а именно, нацеленное на оценку ликвидности агентов A в тех или иных условиях межрегионального рынка (статистического агрегата, сектора, отрасли).

$$PF^{(1)} = E(\text{sign } G * f(A)), G(t + 1) = G_0 \pm G(t), \quad (3.12)$$

где A – ликвидность, доходность агентов отрасли региона, G – компетенции, G_0 – легитимность системы учета, $G(t)$ – результаты арбитража. G (G_0 , $G(t)$) – бинарные (дамми) переменные, оценивающие институциональный дизайн регуляторов, принимающие значения 0 (если игнорируется карбоновый режим), 1 (установлен соответствующий карбоновому режиму институциональный дизайн эколого-экономических регуляторов).

Применим постановку задачи по аналогии с задачей проведения сделок с репутациями субъектов и арбитража [312]. Пусть W ведет себя (и вычисляется) как матрица доверия $W \in [0,1]$. При этом предполагается, что матрица W стохастическая, а также существует ее нормировку по всем регионам такая, что $\sum_{j=1}^N w_{ij} = 1$, тогда для региона, переведшего в карбоновый стандарт свою экономику, используем следующую модель

$$\begin{aligned} PF^{(2)} &= E(\sum_t^N (\sum_{i=1}^m w_i * f_{PF}(\varepsilon, w))), \rightarrow \\ PF_i^{(2)} &= E(\sum_t^N (\text{sign } G * f(\varepsilon_i) * \sum_{j=1}^N R_{ij} | \max_l \Delta R_l \wedge \min_l \delta R_l)), \\ f(\varepsilon_i) &= \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}, \end{aligned} \quad (3.13)$$

где δR_i – потери (экономические и неэкономические), экологический ущерб, счета расходов на охрану окружающей среды (СРООС) и лежащая в их основе статистика по природоохранным расходам (по методике ООН), j – функциональные зоны региона, $f(w, \varepsilon)$ – плотность вероятности, ε – социальная ставка дисконтирования (дисконт-фактор), в данном случае это также индекс экономической компетенции i -го региона, физический смысл которого заключается в оценке вероятности “ p ” установления локального равновесия в новом состоянии (на уровне лидера), а также в характеристике (относительно лидера) обратной величины транзакционных издержек региона. Для простоты будем рассчитывать отраслевые параметры в показателях валовой добавленной стоимости (ВДС).

В то же время в отличие от коммерческих брендов, в отношении которых работает механизм конкуренции между ними (на основе формальных рыночных институтов), в отношении социальных благ работает механизм синтеза формальных и неформальных институтов, с одной стороны, а с другой, в определенной ситуации конкуренция может замещаться суммированием социальных брендов. Нарушение баланса формальных и неформальных институтов и необходимость его учета рассматривается в книге [313, с. 143].

Поэтому для расчета $PF^{(2)}$ необходимо учесть все экологические анонсы бизнеса и региона и функцию бюджетного ограничения с подмножеством альтернатив (институты развития, закон о бюджете и др.), с тем, чтобы определить ΔR – компенсации и δR – санкции. Процесс оптимизации субполезности (оценка монетизации экосистемных услуг функциональной зоны) определяется по критерию эффективности регионального управления, оцениваемой через результирующие показатели институтов развития (программ и т. д.). Тогда именно через социальную ставку (а не банковскую) происходит дисконтирование экологических инвестиций и сопряжение (с помощью легитимных институтов) приносимой ими полезности с субполезностью.

Социальную ставку ввели аналогично работе А. Эндреса и И. Квернера [314]. Однако сделали это по иным основаниям, поскольку мы рассматривали задачу в контексте цели резилентности (устойчивости). Поэтому в данную категорию вкладываем смысл институ-

циональных и социальных особенностей территорий (регионов) и необходимость учета транзакционных издержек. Данная ставка обусловлена особенностями структуры общественных отношений, характерной для конкретной территории. Кроме того, социальная ставка отражает региональный фон потерь от управленческих решений, т. е. средних транзакционных издержек, за которые несет определенную ответственность региональное правительство. Задача последнего заключается в том, сколько выделить из бюджета региона на социальные бренды (например, внедрение карбонового стандарта), которые вроде как бы снижают уровень монетизации, но, с другой стороны, именно они и создают нужный порядок учета. В итоге оптимизации субполезности формируется структура социальных брендов, которая в пределах функциональной зоны формирует процесс монетизации экосистемных услуг. Таким образом, в итоге контур применяемого подхода (соответствующего требованиям ESG-инвестирования) изложим следующим образом:

- Экосистемные функции дифференцируемы и различимы. Допускаем, что они не взаимодействуют и могут отдельно друг от друга монетизироваться. В то же время монетизация функций осуществляется в контексте действующих социальных брендов, которые, в конечном счете, задают порядок монетизации.
- В этой связи значим интерфейс социальных и природных систем с множеством свойств природных и социальных систем, причем, с одной стороны, равноприоритетных, с другой – не аддитивных.
- Карта кривых безразличия, определяемая количеством всех экосистемных функций, уже содержит желательность разнообразия социальных брендов. Анализ основан на решении проблемы выбора обществом наилучшего выбора. При этом на выбор влияет постановка задачи: в контексте устойчивости или резилентности.
- В случае формулирования задачи в смысле устойчивости (ESG-инвестирования), предпочтения между социальными брендами (включающих в себя те или иные экосистемные услуги) определяются с помощью постоянной эластичности замещения брендов. В случае формулирования задачи в смысле

ESG-инвестирования и резилентности региона, в систему целевых функций задачи добавляется минимизация системного риска.

- Учет эффективности регулятивной способности институциональной матрицы (и баланса институтов: экстрактивных и инклюзивных, формальных и неформальных) реализовывать оптимальность отбора и количества социальных брендов, которые приведут к повышению общественного благосостояния в стратегическом измерении устойчивости в условиях ESG-инвестирования.
- Социальная ставка дисконтирования, по сути, учитывает региональный фон потерь от управленческих решений, т. е. средних транзакционных издержек, за которые несет ответственность региональное правительство. Данный вывод имеет следующее следствие: экологически стимулирующий бюджет должен учитывать эластичность (к доходу) данной ставки. В этом случае она пропорционально снижает данный бюджет.

3.2.2. Математическое и имитационное моделирование монетизации экосистемных услуг и эффективности деятельности агента

Математическое моделирование позволяет структурировать разнобразную информацию об изучаемых объектах с точки зрения их классификации, типологизации их функционирования, выявления определенных закономерностей. В данном случае исходим из имеющейся информации о процессах.

Поэтому в рамках изложенного контура сам подход моделирования монетизации осуществим через оценку эффективности деятельности агента, применяющего тот или иной режим землепользования и природный ресурс. Для этого обозначим институциональное оформление результата расчета монетизации экосистемных услуг и деятельности агента в соответствии с той иной системой учета с помощью оператора F . Примем, что действуют три системы учета:

бухгалтерский учет (F^{BA}), экономический учет (F^{EA}), эколого-экономический учет (F^{EEA}). Таким образом, исходя из предыдущего анализа подходов к моделированию оценки экосистемного сервиса, деятельность агента можно охарактеризовать и описать с помощью следующих классов моделей:

I) Оценка операционной эффективности или операционных действий агента, построенная на основе микроэкономического равновесия и показателях, основанных на денежных потоках. Модель реализуется при низкой волатильности рынка и дефиците внятных целей для инвестиций в рамках сметы и частично бухгалтерского учета. При этом осуществляется производство продукта, представленное в смете и частично бухгалтерском учете (для учета санкций и экологического ущерба).

В итоге решается базовая задача $PF_i^{(1)}$ в рамках формирования проектной сметы, полученной в рамках предпроектного исследования, с сокращенным инвестиционным анализом (критерий – низкая себестоимость (трансформационные издержки) и высокая доходность операции):

$$\begin{aligned} PF^{(1)} &= f(PF^{(2)}), PF^{(2)} = -\delta C \\ PF &= F^{BA}(PF^{(1)} - \delta C), \end{aligned} \quad (3.14)$$

где δC – санкции в виде штрафов за экологический ущерб.

II) Оценка ликвидности активов агента, построенная на основе макроэкономического равновесия и показателях финансовой устойчивости. Модель реализуется в рамках бухгалтерского и частично экономического учета вне пространственно-временных измерений. Решается базовая $PF_i^{(1)}$ задача в СНС для среднеотраслевого агента при микроэкономическом равновесии отраслевых рынков и макроэкономическом равновесии эргодической системы показателей статистического таксона и стационарных инвестиций в ходе решения базовой и частной задач:

$$\begin{aligned} PF^{(1)} &= f(PF^{(2)}), PF^{(2)} = -\delta R \\ PF &\approx F^{EA}(PF^{(1)} - \delta R), \end{aligned} \quad (3.15)$$

где δR – санкции в виде налога в соответствии с расчетом по вспомогательным счетам (частная задача).

Модель действует в рамках существующей инвестиционной реальности (критерием является доходность и ликвидность агента) с учетом санкций и экологического ущерба (в сфере экологии), представленная среднеотраслевыми характеристиками в системе СНС, что позволяет вводить общую для всех региональную карбоновую квоту и соответствующий налог.

III) Оценка ликвидности активов агента с учетом транзакционных издержек, понятности инвестиционных целей, а также оптимизации дизайна рыночных механизмов и возможных нарушений равновесной структуры рынка. В том числе учитывается поведение игроков на фондовом рынке и сильная волатильность котировки ЦБ. Используются показатели: ликвидность, экономическая рента, социальная ставка дисконтирования. Модель реализуется в рамках эколого-экономического учета в пространственно-временной размерности в ходе решения базовой и частной задач. Здесь производится оценка действия поведения региональных агентов с учетом эколого-экономических регуляторов и нарушения структуры рынка при локальном равновесии ячейки пространства (эколого-экономического ареала) в рамках альтернативной инвестиционной реальности (критерий – доходность и ликвидность агента, минимум транзакционных издержек с учетом социальной ставки дисконтирования, при максимуме доходности предприятия (коммерческий бренд) и ренты региона (социальный бренд)).

Решаются базовая $PF_t^{(1)}$ и частная $PF_t^{(2)}$ задачи, где частная задача ответственна за формирование институционально установленного нового инвестиционного порядка:

$$PF_t \cong \left\| PF_t^{(1)} \otimes PF_t^{(2)} \right\|. \quad (3.16)$$

В данном случае рассматриваются социальная и природная геосистемы (экономический ареал + ландшафт) в новой системе учета. При этом деятельность фирмы и региона (институциональный ареал компетенций совпадает с таксоном) рассматривается в контексте резилентности (стрессоустойчивости) социальной и природной геосистем, что позволяет вводить инклюзивную карбоновую квоту и эмитировать зеленые ЦБ сертифицированным агентам.

Комментарии к выбору метода вычислений

1) Исходная постановка задачи монетизации была сопряжена с процессом инвестирования. Это сделано для того, чтобы можно было в рамках инвестиционного анализа, используя его инструментарий, оценить риски того или иного вида деятельности агента (режима землепользования) в условиях традиционной или новой (ESG) инвестиционной реальности. Поэтому будем рассматривать модели II и III. Модель I реализуется вне инвестиционного процесса, причем когнитивная сложность системы управления не соответствует критерию Эшби.

2) Пусть A – матрица наиболее вероятных показателей финансовой устойчивости агентов (в нашем случае ее элементы мы приравняли к среднеотраслевым параметрам a_{ij}), а K – комплексная оценка выбора альтернатив из конкурирующих брендов (режимов землепользования). Тогда имеем:

$$F^{EA}(PF^{(1)}) = E(\|A\|) = \sum_{i=1}^n \max_i |K_i|, \quad A \stackrel{\text{def}}{=} \{a_{ij}\}, \quad K_i = \max_j K_j, \quad (3.17)$$

где i – стратегии агента, j – стратегии рынка.

3) Если рассматривать задачу в разрезе регионов, то вычисление будет производиться следующим образом:

$$PF_l = \left\| PF_l^{(1)} \otimes PF_l^{(2)} \right\| \Rightarrow PF_l \cong \left\| (K_l \otimes (\varepsilon_l^{-1} R_l)) \right\| \quad (3.18)$$

Предел легитимной монетизации «озелененной» экономики региона при $K=I$ оценивается следующим образом:

$$\lim_t PF_t = \varepsilon_t^{-1} R_t. \quad (3.19)$$

4) В отличие от постановки базовой задачи при помощи модели II в постановке задачи с моделью III суть вычислений заключается не в сравнении статистических распределений по величине средних и дисперсии, а в оценке гипотезы о причинах транзакций – движений в экономическом пространстве (модель лучше соответствует критерию Эшби). На основании последнего делается вывод о причинах изменений размещения производительных сил и, в конечном счете, о деформации экономического пространства. Поэтому требуется создание нормативно-правового механизма перевода экосистемных услуг в экономическую ценность, с учетом регуля-

торных, ареалообразующих и социокультурных функций. Необходимо для рационального использования природного капитала включение социальной составляющей в практику оценки экосистемных услуг [188].

5) С одной стороны, имеем экономическое измерение целого таксона, с другой – пространство дисперсной среды имеет сложную структуру. Восстановление данной структуры можно осуществить методом решения обратных задач (в частности, для социальной ставки дисконтирования, которая определяет среднее значение (фон) транзакционных издержек). Такие задачи получили название «некорректных» [315]. В данном случае мы используем геометрический подход [316]. Его суть заключается в таком подборе искомым величин, который обеспечил бы заданное пространственное распределение значений результирующей переменной – реконструирование геометрических характеристик.

6) Кроме того, посредством использования математического формализма синергетики определяется вероятность нахождения социальной системы в одном из равновесных состояний. Таким образом, в границах зоны локального равновесия осуществляется дискретизация пространства исходной распределенной системы и для значений характеристик экономического пространства в точках полученной регулярной решетки записывается уравнение Шеннона, являющейся логарифмической оценкой возможного разнообразия состояний социальной системы, отражающего особенности их распределения.

3.2.3. Постановка задачи оценки устойчивости инвестиционных решений при разных режимах землепользования

Далее предлагается алгоритм оценки, точность которого требует дальнейшей доработки. В то же время концептуально выстроен подход, на основании которого можно ответить на вопрос, **насколько устойчиво инвестиционное решение агента в контексте углеродной типологии объектов** (сделанной в части 2). При наличии конкретных данных будут построены более точные оценочные модели.

Оценка эффективности деятельности агента по среднеотраслевым показателям

Для решения поставленной задачи оценим финансовую устойчивость в условиях стационарного рынка, т. е. полагаем стабильность положения агента, наличие финансовых резервов, позволяющих осуществлять и поддерживать ему свою деятельность и выплачивать кредиты, а также обеспечивать бюджетную устойчивость, получить представление, в каком состоянии находятся финансовые запасы организации и каким источниками для их покрытия она располагает.

Сопоставление фактических и нормативных показателей (табл. 3.1) позволяет выявлять различные закономерности в бизнес-процессах, устранять риски, своевременно и правильно принимать управленческие решения. С этой целью проведем рейтинговую оценку, предназначенную для определения ранга каждого агента в зависимости от значения показателей эффективности его деятельности. Данная методика широко используется для оценки финансового состояния, результативности деятельности агентов [317, с. 414].

Алгоритм сравнительной рейтинговой оценки проводится с использованием метода расстояний. В табл. 3.1 представлена матрица математического ожидания показателей агентов. Оно приближенно равно среднему арифметическому наблюдаемых значений случайной величины. Поэтому приравняем матожидание PF прокси-переменной – функции от средних отраслевых значений показателей эффективности деятельности агентов, взятых из данных Росстата (для коррекции данных использовались бухгалтерские балансы агро- и лесозаготовительной фирмы):

$$PF^{(1)} = E(f(A)), \text{ при условии } E(a) \approx \bar{a}, A = (a_{ij}) \quad (3.20)$$

В качестве показателя функции в модели используется замещающая ее прокси-переменная, которая включается в модель вместо другой переменной, которая не может быть включена в модель по причине отсутствия достоверных данных о величинах финансовой устойчивости. В данном случае используются средние (математические ожидания) значения как прокси-переменные, заменяющие реальные показатели алгоритма.

Таблица 3.1. Показатели для оценки финансовой устойчивости агентов

Показатель	Характеристика показателя
Рентабельность продаж, %	Отношение чистой прибыли к затратам показывает, сколько прибыли получает компания с каждого рубля, вложенного в производство
Рентабельность продаж по ЕВИТ, %	Величина прибыли от продаж до уплаты процентов и налогов в каждом рубле выручки позволяет сравнить различные предприятия без учета доли заемного капитала и налоговых ставок
Норма чистой прибыли	Измеряемое в процентах отношение чистой прибыли к выручке демонстрирует, сколько прибыли приходится на единицу (рубль) выручки, служит характеристикой доходности (эффективности) осуществляемой деятельности
Коэффициент текущей ликвидности	Равен отношению оборотных активов к краткосрочным обязательствам, показывает, как компания может погашать текущие обязательства за счет только оборотных активов
Коэффициент быстрой ликвидности	Рассчитывается делением ликвидных активов на краткосрочные обязательства
Коэффициент абсолютной ликвидности	Показывает платежеспособность компании и прогноз ее деятельности, позволяет понять, какую часть текущих долгов можно быстро погасить за счет собственных средств организации, продав быстро реализуемое имущество
Рентабельность активов, %	Показывает способность активов компании приносить прибыль и является индикатором доходности деятельности компании
Рентабельность собственного капитала, %	Характеризует доходность бизнеса для его владельцев, отражает эффективность управления компанией капиталом
Фондоотдача	Определяет количество продукции, производимой на один рубль основных фондов
Оборачиваемость активов, в днях	Позволяет определить число оборотов капитала за период времени, показатель интенсивности использования организацией совокупности имеющихся активов
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	Определяет степень обеспеченности организации собственными оборотными средствами, необходимыми для ее финансовой устойчивости
Оборачиваемость оборотных активов, в днях	Характеризует эффективность управления этим ресурсом

Полагаем, что по каждому показателю матрицы A эффективности деятельности агента существует наилучшее (эталонное) значение

$$PF^{(1)} \rightarrow \max \Rightarrow f(A) \rightarrow \max \Rightarrow a_i^{max} = \max a_{ij}, a \in A \quad (3.21)$$

Пусть прокси-переменная (индекс комплексной финансовой устойчивости) вычисляется следующим образом:

$$f(A) = K_j^{rat} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (1 - a_{ij}/a_i^{max})^2}. \quad (3.22)$$

Таким образом, индекс K_j^{rat} рассчитывается по каждому агенту как среднеквадратичное отклонение расстояний от a_i^{max} , т. е., по сути, определяется наиболее вероятный выбор по критериям финансовой устойчивости.

По значению индекса агенты ранжируются в порядке увеличения его значения, выстраиваются в ряд $PF^{(1)}$ по критерию финансовой устойчивости. Результаты представлены в табл. 3.2 и на рис. 3.4. Диаграмма показывает распределение агентов: чем менее значение имеет индекс, тем более высокий ранг.

Предложенная методика расчета уровня ликвидности агентов, являющихся резидентами региона, позволяет достоверно оценить реальный уровень их развития.

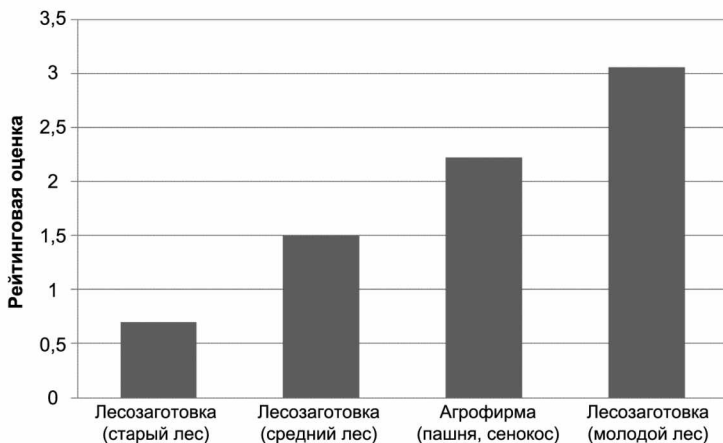


Рис. 3.4. Ранговое распределение по значениям оценки индекса комплексной финансовой устойчивости

Таблица 3.2. Показатели эффективности деятельности исследуемых агентов

Показатели (i)	Агент (j)				Max a _{ij}
	Агрофирма (пашня, сенокос)	Лесозаготовка			
		молодой лес	средний лес	старый лес	
Рентабельность продаж, %	7.10	0	3.83	9.80	9.8
Рентабельность продаж по ЕВИТ, %	8.88	0	5.57	8.00	8.88
Норма чистой прибыли	6.92	0	4.03	5.80	6.92
Коэффициент текущей ликвидности	3.19	0	0.86	1.70	3.19
Коэффициент быстрой ликвидности	1.03	0	0.55	1.20	1.2
Коэффициент абсолютной ликвидности	0.16	0	0.04	0.12	0.16
Рентабельность активов, %	6.80	1.0	9.40	9.40	9.4
Рентабельность собственного капитала, %	14.80	1.0	39.60	39.60	39.6
Фондоотдача	1.39	1.0	6.43	6.43	6.43
Оборачиваемость активов, в днях	625.0	348.0	232.0	232.0	232.0
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	0.39	0.15	0.23	0.23	0.39
Оборачиваемость оборотных активов, в днях	322.0	247.5	165.0	165.0	165.0
Рейтинговая оценка K_i^{rat}	2.23	3.05	1.50	0.70	

Для получения информации о состоянии дел агента, на основании которой осуществляется прогноз и принимается решение по поддержанию или улучшению экономической и финансовой ситуации, целесообразно провести группировку по выделенным с помощью факторного анализа латентным факторам.

Получился следующий результат: два фактора объясняют 97 % общей дисперсии и демонстрируют финансовую устойчивость агента (фактор 1 с 60 % дисперсии) и устойчивость фондов (фактор 2 с 37 %). В пространстве этих двух факторов показано распределение

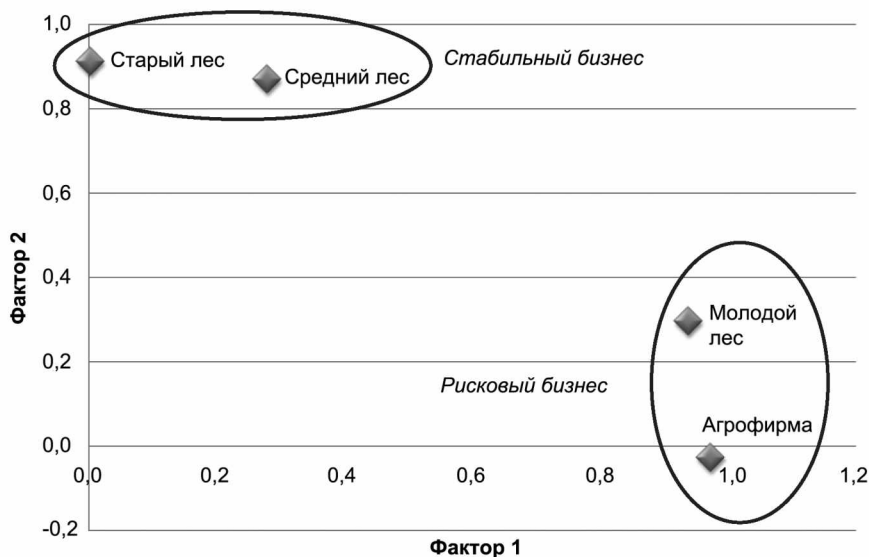


Рис. 3.5. Кластеризация агентов по оценке комплексной финансовой устойчивости

агентов (рис. 3.5) и выявлено два кластера. Там, где больше влияет (на позиции агента) фактор 1, сделан акцент на наличие быстроликвидных средств (более устойчивый и прогнозируемый бизнес); где фактор 2 – сделан акцент на более надежные средства (более рискованный бизнес).

По данным матрицы исходных данных не представляется возможным сделать обоснованный вывод, какой из агентов предпочтительней, какой режим землепользования экономически более выгоден. Исходя из приведенной индексной оценки, в современных условиях наиболее экономически выгодной оказалась деятельность по вырубке зрелого леса, причем если учесть устранение (при наличии воли региональной власти) дискриминации данных предприятий, то выгода станет еще более очевидной.

Агропроизводство целесообразно только на большом масштабе производства (т. е. не просто крупные фирмы, а большие бенефитные группы, причем имеющие конгломератную структуру). Позиция

«молодой лес» предполагает два пути развития: либо формирование запаса (при наличии ликвидности), либо переход в крупное агропроизводство.

Таким образом, согласно предложенной методике расчета уровня ликвидности агентов, являющихся резидентами региона, оценили реальный уровень и перспективу их развития.

Оценка влияния рисков в условиях карбоновой экономики

Для ресурсоемких производств (и одновременно капиталоемких), в частности, для агропроизводства, слишком велик инвестиционный риск, поскольку неэластичность предложения данной продукции обрекает хозяйства на значительную неустойчивость доходов в результате изменений в спросе [36]. Волатильность рынка влечет за собой высокие бизнес-риски и высокую неопределенность [113]. Поэтому далее будем решать искомую задачу в условиях неопределенности будущего. Рассмотрим стратегии поведения агентов (с разным режимом землепользования) при следующих их ожиданиях (трех вариантах прогнозов изменения экономического порядка):

- 1) неизменности рыночных условий (стационарный рынок) или даже кризис;
- 2) расширения масштабов рынка (с нарастанием из-за возрастания цен на продовольствие и строительного бума); если повысится предложение (норма чистой прибыли: повышение до максимума; пусть для агро – до 10, для лесозаготовок – до 15);
- 3) введение карбонового порядка (через пять лет при институциональном введении карбоновых квот), при этом агрофирма может провести сертификацию «no-till», а лесная фирма – сертификацию карбоновой фермы.

Далее найдем оптимальную стратегию в рамках теории игр, по типу «игры с природой». Пусть в условиях сенокоса углеродные потери компенсируются путем применения навоза, удобрений. Пусть цена углеродной квоты 3 тыс. руб. за тонну CO_2 , столько же, только со знаком минус, штрафные санкции за эмиссию CO_2 в атмосферу.

Для этого рассмотрели матрицу доходности, в качестве элементов которой выступают стандартные показатели (см. табл. 3.2), по которым осуществлялся выбор наиболее эффективного варианта

деятельности агента. Агент выбирает наилучшее стратегическое решение, которое принесет наибольший выигрыш:

$$A_j = \max (a_{ij}). \quad (3.23)$$

Воспользуемся критерием Вальда и другими критериями, предназначенными для выбора из рассматриваемых вариантов стратегий варианта с наибольшим показателем эффективности из минимально возможных показателей для каждого из вариантов. Влияние рисков и сценариев скорректировали значения показателя доходности по бухгалтерским балансам агро- и лесозаготовительной фирмы.

Для решения задачи построили платежные матрицы (матрицы доходностей), используя для этого среднеотраслевой показатель «Норма чистой прибыли» (табл. 3.3), а также методы стратегического анализа (Мак-Кинзи). Матрица доходности агрегирует информацию о возможной доходности вариантов стратегии при различных сценариях развития экономической ситуации и наступлении рисков: 1 – стационарный рынок, 2 – расширение рынка, например, при строительном буме или повышении цен на продовольствие, 3 – в институциональный дизайн рыночных регуляторов внедрен карбоновый ESG-стандарт.

Таблица 3.3. Платежная матрица (матрица доходностей), построенная по среднеотраслевому показателю «Норма чистой прибыли»

Агент	Стратегия агента	Стратегии рынка		
		1	2	3
Агрофирма	1 (стационарный рынок)	6.9	7.2	5.2
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1	10	6.2
	3 (сертификация «no-till»)	1	7.2	10
Лесозаготовительная фирма (зрелый лес)	1 (стационарный рынок)	5	6	2
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3	10	3
	3 (сертификация карбоновой фермы)	0	0	50

При решении задач (теория игр) получили следующие выводы. Для агрофирмы, исходя из критериев *max-min* и *min-min*, в современных условиях не следует менять характер деятельности – слишком большой инвестиционный риск. За пять лет внедрения нового стандарта, если поторопиться, легко можно обанкротиться. В то же

время для агента в тяжелой ситуации (если нет инвестиционного и кредитного ресурса) оптимальным будет вариант сертификации (по критерию *max-max*). Надо накапливать запасы, минимизируя расходы и переформатируя активы. Для этого можно использовать особые предпринимательские режимы в функциональных зонах, созданных в рамках государственных институтов развития (особые экономические зоны (ОЭЗ) и т. д.).

Исходя из значения критериев *max-min* и *min-min*, для лесозаготовительной фирмы (зрелый лес) также ничего не надо менять (из-за большого риска). Однако в случае больших санкций можно рискнуть и инвестировать в модернизацию производства и расширение рынка. Это в случае, если появились возможности для инвестирования и кредитования, например, налоговые и иные льготы, в частности, при государственно-частном партнерстве (ГЧП).

Для уточнения предыдущих выводов воспользовались также критерием *Сэвиджа*. Как известно, критерий *Сэвиджа* (минимаксного риска) предназначен для выбора максимального элемента матрицы рисков из ее минимально возможных элементов. Для его расчета представлена соответствующая матрица рисков (табл. 3.4):

$$\min_i \max_j r_{ij}, \text{ где } r_{ij} = a_j^{\max} - a_{ij}. \quad (3.24)$$

Таблица 3.4. Матрица рисков для оценки по критерию Сэвиджа

Агент	Стратегия агента	Риски стратегий (r_{ij})		
		1	2	3
Агрофирма	1 (стационарный рынок)	0	2.8	4.8
	2 (инвестиции в расширение рынка)	5.8	0	3.8
	3 (сертификация «no-till»)	5.8	2.8	0
Лесозаготовительная фирма (зрелый лес)	1 (стационарный рынок)	0	4	48
	2 (инвестиции в расширение рынка)	5	0	48
	3 (сертификация карбоновой фермы)	5	10	0

При решении задачи (теория игр) по критерию Сэвиджа (минимаксного риска) получили следующие выводы. Агрофирме в современных условиях не надо менять характер деятельности. Для лесной фирмы необходимо инвестировать в модернизацию и расширение рынка, опасаясь при этом санкций внешних бенефитных групп.

Чтобы этого избежать, целесообразнее использовать формы ГЧП и иные государственные институты развития. Для лесной фирмы (молодой лес) лучшая стратегия заключается в получении сертификата карбоновой фермы.

В современных условиях начинать агенту системные экологические инвестиции чрезвычайно рискованно, так как можно быстро обанкротиться. Поэтому выбирается стратегия оптимизации ресурсов и активов: т. е. игнорирование экологических требований либо неизбежные экологические траты (когда компания уже внедрилась в новый порядок, например, Костомукшский ГОК). В целом же экологические инвестиции приводят к более значительному и продолжительному ухудшению финансовой устойчивости предприятий. Увеличивающиеся инвестиционные риски намного превышают экологические (легче заплатить штраф).

Таким образом, экологические регуляторы (настроенные на разницу почвенных функций) в настоящее время не смогут выполнять функции ограничения деятельности агентов, использующих разный режим землепользования. Единственный выход для ускорения процесса внедрения нового инвестиционного порядка заключается в системном решении применения справедливых стимулов и государственных институтов развития (ГЧП, ОЭЗ и т. д.).

Оценка влияния рисков в условиях смены режимов землепользования

Пусть изменение режима землепользования происходит мгновенно, но с учетом коэффициента перехода капитала из одного вида деятельности в другой. При прочих равных условиях можно допустить, что в краткосрочном периоде для всех земельных участков являются одинаковыми среднее время заключения сделки купли-продажи и расходы на проверку контрагента.

Соответственно, ликвидность земельного участка при смене режима землепользования в первую очередь определяется числом предложений покупки и продажи, расхождением цен спроса и предложения, изменением структуры рынка. В свою очередь, расхождение цен спроса и предложения определяется качеством и доступностью информации, а также рискованностью актива.

В случае стабильности структуры рынка и ориентации на повышение ликвидности актива получаем следующие изменения ликвидности на рынке – табл. 3.5.

Таблица 3.5. Коррекция ликвидности земельного участка при изменении показателей эффективности агента

Показатель	Снижение С или П	Повышение С или П
Изменение спроса (С)	Рыночная (равновесная) цена приближается к цене спроса – рост транзакционных издержек продавцов. Уменьшение ликвидности	Рыночная (равновесная) цена приближается к цене предложения – снижение транзакционных издержек продавцов. Рост ликвидности
Изменение предложения (П)	Рыночная (равновесная) цена приближается к цене предложения – снижение транзакционных издержек продавцов. Стабильность ликвидности	Рыночная (равновесная) цена приближается к цене спроса – рост транзакционных издержек продавцов. Уменьшение ликвидности

Кроме того, необходимо корректировать данные, поскольку скорость, с которой входные данные одной отрасли преобразуются в выходные данные другой отрасли – разная. Так, сельскохозяйственная продукция стоимостью 0.0345 доллара закупается обрабатывающим сектором для производства 1 доллара произведенной продукции [318]. Кроме того, количество единиц ресурса, затрачиваемого на единицу ликвидности при разных видах деятельности, разная (табл. 3.6), что следует учитывать при смене вида деятельности.

Таблица 3.6. Количество единиц ресурса, затрачиваемого на единицу ликвидности при разных видах деятельности, разная

Агент (режим землепользования)	Количество единиц ресурса (запаса), затрачиваемого на единицу ликвидности		
	Рентабельность продаж, %	Рентабельность продаж по ЕВИТ, %	Норма чистой прибыли
Агрофирма (пашня, сенокос)	12	14	11
Лесозаготовка (средний лес)	7	6	4
Лесозаготовка (молодой лес)	2	1.5	1
Лесозаготовка (старый лес)	10	8	6

Из данной таблицы следует, что лесозаготовка тратит меньше единиц ресурса (запаса) на единицу ликвидности. Это означает, что альтернативная продуктивность с 1 га в измерениях ликвидности для агропроизводства требует значительного расширения земельных площадей по сравнению с лесным бизнесом.

Кроме того, необходимо учитывать, что процесс торговли активами является динамичным сложным процессом, особенно когда происходит нарушение структуры рынка. Поэтому далее рассмотрим торговлю активами при нарушении структуры рынка. При этом пусть объем ликвидности, обеспечивающий погашение долга (кредита, инвестиций) и получение ожидаемого дохода, является наилучшим критерием для агента. Тогда рассмотрим следующие ситуации:

- 1) равновесие земельного рынка и смежно-зависимых рынков (растениеводство, животноводство, вырубка и переработка леса): агенты продают активы по ценам предложения и покупают по ценам спроса, поскольку исходят из необходимости выплаты текущих платежей и планируемых доходов;
- 2) неоптимальное поведение игроков нарушает структуру рынка, когда перестают действовать объективные факторы и начинают влиять субъективные.

Таким образом, избыточная ликвидность влечет качественные изменения рынка, а недостаточная ликвидность (сильная волатильность на смежно-зависимых рынках, долговой кризис, инфляция и т. д.) активизирует продажи (избавление от низколиквидных активов), что также влечет качественные изменения рынка.

Когда ликвидность избыточна, то конвертация происходит медленнее (транзакционные издержки возрастают) – наблюдается своего рода инфляция. Однако избыточная ликвидность не трансформируется в рост цены актива из-за увеличения транзакционных издержек. Инфляция предложения означает рост цен, спровоцированный увеличением издержек производства в условиях недоиспользования производственных ресурсов или ростом цен на факторы производства.

Неоптимальное поведение игроков происходит, когда начинают действовать субъективные факторы. Рассмотрим далее поведение игроков при прочих равных и постоянных условиях. Их можно

разделить на две группы: *спекулянтов* (действуют в *короткую*) и *инвесторов* (действуют в *длинную*). Агенты из первой группы покупают недооцененные и продают переоцененные активы, зарабатывая на несовершенстве рынка. Участники второй группы продают активы по ценам предложения и покупают по ценам спроса, поскольку исходят из необходимости выплаты текущих платежей и получения ожидаемых доходов. Превалирование первой группы снижает постепенно объем операций на рынке. При этом спрос и предложение активов становятся менее эластичными.

Таким образом, структура рынка определяется через поведение игроков и формирование кластеров агентов. Поэтому на рынках чемберлинского типа даже ликвидность не вполне отражает эффективность компании. Нарастание ликвидности при реализации наилучшего варианта хозяйствования посредством перекупки активов на рынке увеличивает ликвидность – становясь избыточной. Последующее развитие ситуации на рынке влечет за собой не продолжающееся накопление ликвидности, а качественные изменения экономики долга и структуры рынка, поскольку свойства ликвидности в этом случае начинают меняться.

В этом случае различные состояния рынка представляются в виде стохастической последовательности действий, заданной определенной конфигурацией на заданной сети ячеек, где ячейка отождествляется с действиями некоторого инвестора. В нашем случае изменение объемов ликвидности влияет на поведение инвесторов, принимающих решения независимо, но образующих кластеры однотипного поведения, например, кластер покупателей долга. Под кластерами будем понимать как когерентное (синхронное) поведение игроков, придерживающихся единой стратегии, так и создание аффилированной группы (внутренней бенефитной группы) или сильной в экономическом смысле бенефитной группы, пришедшей извне.

Рассмотрим сначала ситуацию, когда рынок работает нормально, а число продавцов и число покупателей активов, и объемы их транзакций различаются незначительно. В этом случае кластеры игроков не образуются. Затем пусть происходит следующее: увеличение ликвидности усиливает когерентность поведения участников рынка. Это способствует появлению кластера, который постепенно становится

сравнимым с размером рынка. Данное событие становится критическим для структуры рынка, которую можно было назвать нормальной. На рынке начинают доминировать когерентные действия покупателей активов, придерживающихся единой стратегии. Это постепенно приводит к ситуации, когда рынок определяется мощной бенефитной группой, которая сформировала кластер игроков, подчиненных через переформатированное правовое поле (инверсия частного права). Однако бесконечно (т. е. долго) продавать нельзя. Поэтому происходит смена модели поведения игроков, с длинной на короткую, что постепенно приводит к дефициту ликвидности, когда количество продавцов сильно превышает количество покупателей.

Сдвиг кластеров происходит от сектора, который тратит максимум от своего денежного потока на увеличение производства, к сектору, который более осторожный в выборе пути развития, реинвестирует на порядок меньше с целью роста и удержания рентабельности от 1 до 5 %. Вместо длительных и дорогостоящих проектов, накупаемость которых уходят годы, переходят к так называемым проектам «короткого цикла».

Нужно также учитывать влияние экстерналий, которые могут кардинально изменить характер деятельности бенефитной группы. Рост цены продовольствия может простимулировать деятельность агропроизводства и наоборот повышение цен на лесоматериалы сдвинет выбор в сторону вырубки леса.

Если речь идет об одном участке и конкуренции способов землепользования, то в краткосрочном периоде побеждает лесозаготовка, в долгосрочном – агролесоводство. Все зависит от того, как поступит конкурент и каковы внешние условия, например, поведение внешних бенефитных групп. Последнее обстоятельство может привести (к сожалению, зачастую приводит) к кардинальным последствиям для экосистем региона – к большим экологическим проблемам и деградации природного капитала. Из-за инверсии правового поля – преобладания частного права над общим (фактическая власть монополии в регионе) – усиливается оппортунизм сильных агентов. Именно монополия решает, что и как производить, игнорируя экологические проблемы. Поэтому для управления ситуацией необходим новый институциональный дизайн регуляторов.

Предложим следующий комментарий по поводу причин оппортунизма и других до- и постконтрактных действий. Во-первых, существует разрыв между системообразующими правилами конкуренции и соглашениями участников рынка (контрактами), который не охвачен набором спроектированных правил, отражающих территориальную, отраслевую или технологическую специфику транзакций. В том числе поддержка исковой силы контракта требует огромных усилий, в частности, если бизнес весьма интересный для иных игроков, то в транзакционные издержки включается деятельность по защите бизнеса от недобросовестной конкуренции (вплоть до рейдерского захвата). В среднем эта величина равна определенной величине (годовому обороту фирмы, предельному доходу и т. д. в зависимости от рода деятельности, отрасли и т. д.).

Во-вторых, наличие статуса некоторых правил, формирующих практику правоприменения, но не относящихся ни к системообразующим нормам, определяющим основные антимонопольные запреты (такие как исключения из принципа свободы договора), ни к правилам, которые создают участники рынка для организации своего взаимодействия (контракты) (например, правила анализа и оценки состояния конкуренции в целях применения антимонопольного законодательства).

В-третьих, в рамках диспозитивности норм гражданского права следует учитывать «адвокатирование» транзакций, на основании того, что многие действия регулятора, не связанные с созданием новых норм законодательства или решениями в порядке правоприменения, в формальной схеме «провисают».

В-четвертых, интенсивно развивается неформальная экономика, полностью или частично не подчиненная государственному регулированию и не фиксируемая статистическим и налоговым учетом. Одновременно идет конкурирующий процесс размывания формальных рамок за счет институционализации неформальных правил хозяйственного взаимодействия. Неформальное регулирование корректирует экономическое поведение, в том числе законопослушное, придавая ему социокультурную специфику. Социально-экономическая сущность процесса деформализации состоит в создании пространства хозяйственной маневренности и гибкости, позволяющего превзойти возможности, дозируемые формальными институтами. При этом

формальные нормы не нарушаются, а неукоснительно исполняются, выступая как средство в механизме неформального согласования интересов и достижения легитимности субъекта.

Оценка институционального дизайна регуляторов (на примере регионов СЗФО)

В рамках частной задачи возможно применение сложных математических моделей для оценки реакции экосистем в ответ на изменение внешних условий [319–323 и др.]. В то же время данная экспертная оценка напрямую не влияет на принятие политических и соответствующих экономических решений. Она должна быть встроена в институциональный дизайн регуляторов хозяйственной практики в рамках новой инвестиционной реальности. Поэтому в рамках оптимального институционального дизайна эколого-экономических регуляторов критерием оптимума безопасности служит оценка расходов на обеспечение безопасности (снижения системного риска) и ущерба, обусловленного системным риском, определяемого с помощью решения частной задачи. При этом необходимо рассчитать все экологические анонсы бизнеса и региона и функцию бюджетного ограничения с подмножеством альтернатив (государственные и муниципальные институты развития, закон о бюджете и др.):

$$PF_i^{(2)} = E(\sum_t^N (\text{sign } G * f(\varepsilon_i) * \sum_{j=1}^N R_{ij} | \max_l \Delta R_l \wedge \min_l \delta R_l)),$$

$$f(\varepsilon_i) = \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}. \quad (3.25)$$

Если δR_i приравнять к карбоновому налогу, и если речь идет о такой функциональной зоне как природный парк, а $G_j = 1$, то $\delta R_i = 0$ и $\Delta R_i > 0$.

Чтобы оценить возможности регионов отвечать на карбоновый риск, рассмотрим их экономико-институциональные особенности по данным Росстата, а именно макроэкономические показатели (характеризуют производство экономической ренты), а также статистические показатели сферы образования (производство компетенций) и инновационного потенциала (способность к созданию коммерческих брендов). Это, по сути, отражает измерение общего фона компетенций [321, 322], влияющих на порядок хозяйствования в регионе, в том числе и порядок в сфере землепользования.

Составленная матрица статистических показателей использовалась для изучения взаимосвязей между значениями переменных. Проведенный нами однофакторный дисперсионный анализ показал, что при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$ и значимом критерии Фишера, расчетное Р-значение оказалось меньше значения α . В этом случае тип связей определяется негауссовостью (т. е. несовпадением с нормальным распределением) и появлением иных свойств у статистической выборки параметров, в частности – несводимость среднего статистического значения к математическому ожиданию.

В то же время из-за мультиколлинеарности (линейной зависимости ряда показателей друг от друга) не можем оценить точное значение каждого из показателей в отдельности. Чтобы устранить проблему мультиколлинеарности, требуется использовать методы снижения числа объясняющих показателей путем перехода к латентным факторам, например, методом факторного анализа.

Полагаем, что искомая социальная система может находиться в неравновесном состоянии (чередую состояния локального равновесия). Однако это состояние обусловлено не просто влиянием внешних факторов, а тем, что наступление ситуации нестабильности (в случае усиления карбонового риска) зависит от эндогенных факторов, для оценки которых применили факторный анализ и выявили соответствующие латентные факторы. Совокупность латентных факторов определяет адаптационную способность к учету рисков (резилентность) в условиях нового порядка инвестирования.

В ходе анализа матрицы экономических показателей (данных Росстата) выделено три значимых латентных независимых фактора, объясняющих более 90 % общей дисперсии наблюдаемых переменных [324, 325]:

- *Первый фактор* (12 % дисперсии) идентифицирован как способность к эффективному регулированию производства ценностей и использования ресурсов.
- *Второй фактор* (21 % дисперсии) идентифицирован как оптимальность регуляции на основе баланса риска и ресурсов (эффективность реализации инновационных решений, например, коммерческих брендов).

- *Третий фактор* (61 % дисперсии) – как способность к формированию компетенций и созданию инновационных (самостоятельных) решений.

Анализ показал также следующую закономерность, реализуемую у большинства регионов: способность к регуляции отстает от способности и мощности производить ценности. По сути имеет место разбалансированность системы управления в части синхронизации объема производимых ценностей и способности к регулятивности. Это ведет к тому, что либо не хватает компетенций для реализации всех производимых инноваций, либо их часть в результате «диффузии инноваций» (общеизвестный термин Т. Хагерстранда) уходит вовне (в другие регионы и страны).

Таким образом, постановка задачи оценки карбонового риска в контексте резилентности создает сложную картину, для понимания которой будем исходить из того, что существует феноменологическое сходство между механизмами равновесия больцмановской статистики и локальным равновесием структурных состояний исследуемых систем.

Методы теории хаоса (синергетики), хорошо зарекомендовавшие себя в естественных науках, также нашли применение в общественных и социальных науках, где требуется проанализировать поведение неравновесных объектов, включенных в изучаемые процессы. При этом, с одной стороны, они ведут себя хаотично, с другой – образуют единое методологическое сообщество [326, 327]. Поскольку речь идет об исследовании неравновесной системы (в нашем случае геосистемы) с определенным числом степеней свободы, то тогда можем использовать микроподход, основанный на формализме статистической механики, и с помощью которого можно оценить стабильность структуры социальных отношений, допустив дискретизацию состояний исходной геосистемы в фазовом пространстве. Тогда в точках регулярной математической решетки можно использовать шеннонскую логарифмическую оценку возможного разнообразия состояний. Эта оценка не зависит от числа элементов и в то же время отражает особенности распределения состояний геосистемы. Опираясь на понимание природы латентного (эндогенного) фактора на основе формализма статистической механики, вычисляем

вероятность локальной нестабильности исследуемого объекта. Всякая точка такого фазового пространства отражает определенное состояние социальной геосистемы. С течением времени ее состояние изменяется, и соответственно отражающая состояние геосистемы точка фазового пространства будет описывать определенную фазовую траекторию.

Регулярная математическая решетка является чисто математическим понятием, к которому применен больцмановский формализм. Данный формализм был введен при статистическом описании системы, когда микроскопическое состояние характеризуется набором пар сопряженных координат (степеней свободы в фазовом пространстве). Математическое ожидание такого распределения обладает свойством, точнее, по предложению К. Шеннона, мерой вероятности [328, 329]. К. Шеннон исследовал передачу информации через неидеальный коммуникационный канал и предложил вероятностный подход к анализу эффективности коммуникаций и оценке сообщений [328].

Если принять предположение, что вероятность есть свобода выбора сообщений, своего рода неопределенность сообщения, то тогда через логарифмическую формулу Шеннона оцениваем значение вероятности отклонения или удержания равновесного состояния при осуществлении транзакций. Энтропия в формуле Шеннона является средней характеристикой – математическим ожиданием распределения случайной величины или иначе, физический эквивалент неопределенности.

В таком случае энтропия является логарифмической оценкой возможного разнообразия состояний и не зависит от числа элементов. В то же время она отражает особенности распределения данных состояний. В случае экономического пространства энтропия показывает неупорядоченность распределения объектов в i -й ячейке. Иначе можно сказать, что она отражает меру неопределенности состояний и необратимости рассеяния эффекта транзакций в результате реализации коллективных взаимодействий агентов и пространственных экстерналий. Если использовать отрицательную энтропию (негоэнтропию), то с ее помощью можно охарактеризовать вероятность того, что ячейка экономического пространства сумеет преодолеть институциональные и транзакционные ограничения при попытке достичь результата лидера.

Таким образом, энтропия и экономическая рента представляются фундаментальными величинами, характеризующими экономическое пространство как познаваемую форму существования социальных геосистем. Энтропия (наряду с экономической рентой) является фундаментальной величиной, характеризующей равновесное состояние социальной геосистемы. Она отражает фактическую картину в распределении компетенций и, соответственно, ренты, а также в реализации иных возможностей, в частности, в способности отвечать на вызовы (карбоновый риск, изменение режима землепользования и т. д.).

Как говорили ранее, превращение ренты в цену производства в ходе транзакции регулируется системой имущественных отношений и институционально установленным порядком хозяйствования, основанным также на балансе экстрактивных и инклюзивных институтов. Последний является существенным фактором, влияющим на причинно-следственные связи, привносимые пространственными экстерналиями.

Полагаем, что уровень резилентности региона (как ограничение системы управления) – это системный риск, который ведет к потере доверия к системе управления и утрате экономических перспектив региона, возникающих в рамках современной модернизационной повестки дня, а также снижении общественного блага и дохода региона ($PF^{(2)}, R$).

Полагаем, что доход описывается случайным процессом по типу больцмановского и определяется по доле извлекаемой экономической ренты, в свою очередь определяемой по вероятности равновесного состояния социальной геосистемы, находящейся во взаимодействии с природной геосистемой, и по соответствующим производимым транзакциям издержкам. Параметры больцмановского движения имеют следующую интерпретацию: они являются средним значением и дисперсией показателей ренты. Экономическая рента (R) является измерителем экономико-пространственных феноменов. Для ее расчета необходимо учесть влияние пространственных экстерналий, оказывающих существенное воздействие на рыночную структуру экономики региона, в частности, в установлении структуры рынков чемберлинского типа.

Пусть уровень резилентности региона (норма вектора) функционально совпадает с социальной ставкой дисконтирования: $\|\varepsilon^r\| \sim \varepsilon^{-1}$, которую определим по аналогии с работами [330, 331] и по представленным основаниям с помощью формализма статистической механики. Тогда при принятых допущениях состояние исследуемой геосистемы можно найти с помощью максимизации энтропии, связав ее с наличием флуктуаций в системе согласно известной формуле Шеннона:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} \ln f(R, \vartheta, l), \quad (3.26)$$

где $\frac{\partial R}{\partial t}$ – смещение (флуктуация) R (ренты) на k -м шаге, $\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}$ – смещение (флуктуация) социальной ставки дисконтирования на k -м шаге; ϑ – структурный параметр, связанный с промышленной специализацией региона; l – координата экономического пространства.

Далее переходим к постановке стандартной задачи динамического программирования. Поскольку данная математическая конструкция использует представление нелинейной динамической системы, то речь далее пойдет о специфической нелинейности, которая описывается параметрической задачей математического программирования с энтропийной целевой функцией [332]. Применим матричную форму:

$$PF_i^{(2)} = f(\varepsilon_i) * \sum_{j=1}^N R_{ij} \rightarrow \max. \quad (3.27)$$

Пусть $f(\varepsilon_i) = \varepsilon_i^r / \vartheta_i$, тогда используя Шеннона формулу, получим

$$\varepsilon_i^r \stackrel{\text{def}}{=} A_{i1} \ln(A_{i1}/B_{i1}), \vartheta_i \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{j=2}^N [A_{ij} \ln(A_{ij}/B_{ij})] * \lambda_j, A_{ij} = \frac{R_{ij}}{R_i^j},$$

$$B_{ij} = \min_i \frac{R_{ij}}{R_i^j}, \quad (3.28)$$

где ε_i^r – уровень резилентности региона по отношению к карбоновому риску, физический смысл которого заключается в оценке вероятности установления локального равновесия в новом состоянии (на уровне лидера), а также в характеристике (относительно лидера) величины транзакционных издержек i -го региона (обратная величина социальной ставке дисконтирования); R_{ij} – j -й статистический экономический показатель i -го региона; R_{i1} – удельная величина ВДС; R_{ij} , $j = 2 \dots, N$ – ВДС, созданная агрегированными секторами эконо-

мики, оказывающими определенное влияние на общий углеродный бюджет региона: «Добыча полезных ископаемых», «Обрабатывающие производства», «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды»; \bar{R}_j^u – средний j -й показатель для регионов, входящих в состав страны ($u=1$) или федерального округа ($u=2$); N – количество показателей; ϑ_i – индекс структурности регионального хозяйства, рассчитывается по степени локализации отраслей и соответствующего показателя эко-интенсивности загрязнения атмосферы (λ_j).

По данным работы [333] эко-интенсивность загрязнения, как наибольшее воздействие на атмосферу в расчете на тысячу рублей валовой добавленной стоимости, оказывает вид экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». Для предварительных расчетов за данные эко-интенсивности загрязнения атмосферы (λ_j) секторами экономики примем следующие значения (воспользовавшись данными работы [333]): «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» $\cong 10$ кг/тыс. руб., «Добыча полезных ископаемых» $\cong 5$ кг/тыс. руб., «Обрабатывающие производства» $\cong 1$ кг/тыс. руб. Полученная система является линейной относительно неизвестных функций.

Распределение региональных показателей в разрезе территорий есть энтропийная декомпозиция и результат решения задачи [332, с. 161]:

$$\varepsilon^r \rightarrow \max. \quad (3.29)$$

На рис. 3.6 представлено распределение регионов СЗФО по критерию «социальная ставка дисконтирования» в случае действия карбонового стандарта. Расчеты сделаны по средним данным за период 2000–2019 гг. Верификация модели произведена по данным [334, 335], где представлены данные по экологически скорректированной оценке экономического развития регионов по методике эколого-экономического учета (СЭЭУ, ООН).

Поскольку в данном случае речь идет об однородном фазовом пространстве (математическое понятие), то можно корректно построить надежную регрессионную модель. Полагаем, что имеется зависимость между переменными ε^r и δC :

$$F(\varepsilon^r) = F(\varepsilon^r, \delta C) | F(\delta C) = F(\varepsilon^r, \delta C) \quad (3.30)$$

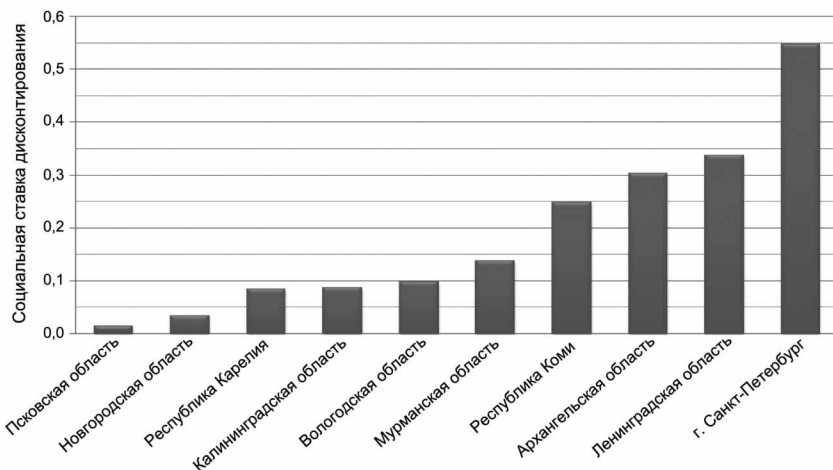


Рис. 3.6. Энтропийная декомпозиция: распределение регионов СЗФО как по степени риска получения претензий при действии карбонового стандарта, так и по степени вклада в загрязнение атмосферы (в первую очередь CO_2)

В рамках данной статистической задачи (с учетом анализа, проведенного в работе [125]), определили функциональную связь между этими двумя величинами.

$$\varepsilon^r = 0,221 \ln(\delta C/1,816) \mid \delta C = 4126e^{3,804\varepsilon}. \quad (3.31)$$

Коэффициент детерминации $\mathcal{R}^2 = 0,84$, что говорит о достоверной связи.

На рис. 3.7 представлены полученные зависимости экологического ущерба, нанесенного природной среде в результате хозяйственной деятельности на территории регионов СЗФО, от социальной ставки дисконтирования.

Используя полученную функциональную связь и определенные эмпирические или расчетные данные, можем оценить среднесрочный экологический ущерб или восстановить социальную ставку дисконтирования согласно уравнению:

$$\delta C(\varepsilon^r) = \omega_1 * \exp(\omega_2 * \varepsilon^r), \quad \varepsilon^r(\delta C) = \omega_3 \ln \varepsilon^r - \omega_4, \quad (3.32)$$

$$\omega_1 = 4,1, \quad \omega_2 = 3,8, \quad \omega_3 = 0,221, \quad \omega_4 = 1,816.$$

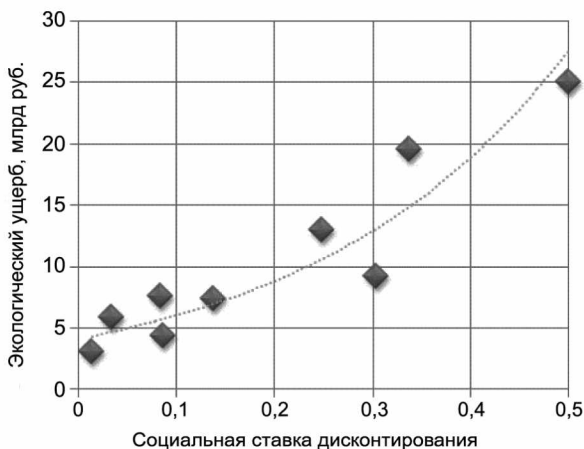


Рис. 3.7. Зависимость экологического ущерба и социальной ставки дисконтирования (регионы СЗФО)

Энтропийная декомпозиция показывает также позиционирование как в целом значения x_0 , так и эффективность бюджета госпрограммы. Чем меньше значение ε , тем негативнее ситуация на рис. 3.6 и 3.7 – тем ниже (менее оптимальна) зона решений.

Также можно в простейшем случае в формулах применить следующее линейное приближение для дисконт-фактора:

$$\xi_i = \varepsilon^r_i. \quad (3.33)$$

Чтобы точно рассчитать бюджет ограничения и значение приемлемого риска, необходимо подставить конкретные показатели соответствующей госпрограммы и добавить также значение бюджета карбоновой мониторинговой системы. Для такого региона как Республика Карелия его величина равна примерно 1.2 млрд руб. Более точные оценки должен дать план по сокращению выбросов парниковых газов в результате обезлесения и деградации лесов, усиления мер по сохранению, устойчивому управлению и увеличению накопления углерода в лесах до 2022 г. Его проект был опубликован Минприроды РФ в апреле 2021 г., однако, без финансовых показателей. Ключевые показатели эффективности должны быть определены Минобрнауки РФ в ближайшее время. Тогда сможем рассчитать риск и финансовые показатели для каждого региона.

Тем не менее, имея полученные предварительные результаты, уже можем сформировать определенные сценарии. А именно, исходя из энтропийной декомпозиции (см. рис. 3.5), видно, что основные риски в отношении ситуации с загрязнением атмосферы связаны с Санкт-Петербургской агломерацией. Однако это не означает, что периферия с низкой ставкой социального дисконтирования окажется вне проблемы формирования низкоуглеродной экономики. Все равно необходимо знать углеродный бюджет территории для точного обоснования своей легитимной позиции: кому в отношении снижения «карбонового» налога, а кому в отношении повышения стоимости «зеленых облигаций». Поэтому в условиях периферийных ресурсообремененных регионов возрастает роль земель и лесов в формировании углеродного баланса и соответствующих прогноза и оценки системных рисков при изменении режима землепользования и соответственно общего углеродного бюджета в разных условиях, в сукцессионном процессе, при восстановлении лесных экосистем и т. д. При этом, как полагают эксперты, выращивание леса на заброшенных сельскохозяйственных землях может стать стимулом для развития в России рынка углеродных компенсаций. Также усиливается роль именно периферийных территорий на рынке углеродных квот, поскольку возрастает (в отличие от крупной агломерации) роль земель (почв) в формировании, а точнее, учете углеродного баланса.

Выбор стратегии агентов в условиях карбонового режима (на основе имитационного моделирования)

Для расчета баланса углерода землепользований были рассмотрены несколько сценариев использования агроценов (табл. 3.7 и 2.5). В ходе настоящего проекта был проведен анализ основных абиотических, биотических и антропогенных факторов, влияющих на количественные характеристики пулов углерода наземных экосистем, на основании которых можно делать прогнозы для данных типов почв и режима землепользования. На основе расчета баланса углерода исследованных объектов были проанализированы тренды изменений статей бюджета углерода при разных сценариях хозяйственного использования земель с учетом «времени принятия решений».

Таблица 3.7. Бюджет углерода землепользований при разных сценариях хозяйственного использования земель

Землепользование	Сценарий	Время принятия решений, лет	Пул углерода почвы	Пул углерода растений	Изменения в бюджете углерода	Баланс экосистемы
Пашня	1. Использование пашни без удобрения	1 год/10 лет	1 год/10 лет – сокращается	выход с/х продукции	потери из почвы	источник углерода
	2. Использование пашни с внесением удобрений	1 год/10 лет	1 год/10 лет – стабильный или растет	выход с/х продукции	накопление в почве	источник углерода
	3. Естественное зарастание пашни лесом	10 лет/50 лет	10 лет/50 лет – сокращается	лес связывает углерод воздуха – пул растет, формируется пул опада, подстилки	потери из почвы, накопление в растительности, дебрисе, лесной подстилке	сток углерода
Сенокос	1. Использование для сено-кошения	1 год/10 лет	1 год/10 лет – стабильный	стабильный	стабильный	сток углерода
	2. Естественное зарастание сенокоса лесом	10 лет/50 лет	10 лет – стабильный 50 лет – сокращается	лес связывает углерод воздуха – пул растет	потери из почвы, накопление в растительности, дебрисе, лесной подстилке	сток углерода
Молодой лес (15–30 лет)	1. Лес продолжает расти дальше	10 лет/50 лет	10 лет – стабильный 50 лет – медленно сокращается	лес связывает углерод воздуха – пул растет	секвестрирование углерода почвой, накопление в фитомассе растений, дебрисе, лесной подстилке	сток углерода

	2. Рубка леса	10 лет/50 лет	10 лет – стабильный, но в зависимости от ряда факторов может расти или сокращаться 50 лет – зависит от дальнейшего использования	вынос углерода с товарной древесины	сокращение бюджета углерода за счет отчуждения древесины	источник углерода
Средне-возрастной лес	1. Лес продолжает расти дальше	10 лет/50 лет	10 лет/50 лет – стабильный или медленно сокращается	лес связывает углерод воздуха – пул растет	медленные потери из почвы, накопление в растительности, дёрбисе, лесной подстилке	сток углерода
Землепользование	Сценарий	время принятия решений, лет	пул углерода почвы	пул углерода растений	изменения в бюджете углерода	баланс экосистемы
	2. Рубка леса	10 лет/50 лет	1 год – медленно растет за счет перехода пула подземной фитомассы, либо стабильный, но в зависимости от ряда факторов может расти или сокращаться 10 лет – сокращается за счет активного разложения органики почв 50лет – зависит от дальнейшего использования	вынос углерода с товарной древесины	сокращение бюджета углерода за счет отчуждения древесины	источник углерода

Окончание табл. 3.7

Землепользование	Сценарий	Время принятия решений, лет	Пул углерода почвы	Пул углерода растений	Изменения в бюджете углерода	Баланс экосистемы
Контроль (лес)	1. Лес продолжает расти дальше	10 лет/50 лет	10 лет/50 лет – стабильный или медленно сокращается	лес связывает углерод воздуха – пул медленно растет	медленные потери из почвы, накопление в растительности, дебрисе, лесной подстилке	сток углерода/ источник углерода
	2. Рубка леса	10 лет/50 лет	1 год – медленно растет за счет перехода пула подземной фитомассы, либо стабильный, но в зависимости от ряда факторов может расти или сокращаться подземной фитомассы 10 лет – сокращается за счет активного разложения органики почв 50 лет – зависит от дальнейшего использования	вынос углерода с товарной древесинной	сокращение бюджета углерода за счет отчуждения древесины, увеличения содержания углерода в почве за счет перехода пула подземной фитомассы в органическое вещество почвы	источник углерода

Характер землепользования является одним из наиболее значимых антропогенных факторов, влияющих на условия почвообразования, биологический круговорот, а, следовательно, и на свойства почв, их гидротермический, газовый и питательный режимы. Возникает вопрос, насколько вариабельность углеродного показателя отражается на экономических решениях?

Устойчивость (по погрешностям) обеспечивается при выполнении условия [336]:

$$\|F\| \leq 1 + 0(\Delta t, \Delta x), \quad (3.34)$$

где F – оператор перехода, Δt – временной шаг, Δx – шаг в изменении параметров объекта, $0(\Delta t, \Delta x)$ – ошибка, отклонение при изменении «углеродного» показателя.

Далее провели исследование устойчивости задачи по углеродным показателям, задавая как начальные данные показатели земельных участков с генетически однородными зональными и азональными почвами нормального увлажнения. Это были типичные для региона режимы землепользования: пашня, сенокос, лесные участки, находящиеся на различных стадиях восстановления лесного покрова (молодые и средневозрастные леса), а также зрелые леса без агрогенного вмешательства в прошлом (контроль). Подробные характеристики участков представлены во 2-й части.

Кроме того, для усиления выводов об устойчивости задачи – результате имитационного эксперимента, еще более расширили диапазон углеродных показателей почв, добавив участки с почвами, имеющими высокое содержание органического углерода, сформировавшимися на шунгитовых породах. В табл. 3.8 представлены участки и их углеродные характеристики. Введены также обозначения опытных участков как «агентов рынка», характеристика которых будет использована для экономической оценки их поведения.

Устойчивость по начальным данным определяется следующим образом [336]:

$$\|A_t\| \leq \|A_{t_0}\| + \max f(\Delta t, \Delta x) \quad (3.35)$$

Таблица 3.8. Характеристика опытных участков

Землепользование	Участок	Агент	Запасы углерода участка ¹ , т С/га	Эмиссия CO ₂ (тС/га год)	Расход / секвестрация углерода (тС/га год)
Папня (за вычетом отчуждения урожая)	Эссойла, картофель	1	208.1	4.30	-4.30
	Петрозаводск, картофель	2	140.5	1.77	-1.77
	Толвуя, сидераты	3	168.9	10.37	8.35
Сенокос (за вычетом сенокопшения)	Эссойла, многолетние травы	4	95.6	5.93	8.83
	Петрозаводск, многолетние травы	5	75.8	4.51	8.83
	Толвуя, многолетние травы	6	259.0	8.65	10.61
Лес молодой	Эссойла, 15 лет ольшаник	7	152.4	2.94	7.66
	Петрозаводск, 20 лет березняк	8	164.8	1.91	7.89
	Толвуя, 17 лет ольшаник	9	74.1	3.61	4.39
Лес средневозрастный	Эссойла, 65 лет сосняк	10	180.0	3.55	0.05
	Петрозаводск, 65 лет ельник	11	212.5	2.34	2.06
	Толвуя, 70 лет сосняк	12	188.6	4.10	0.00
Лес контроль	Эссойла, 130 лет сосняк	13	193.2	3.80	-0.30
	Петрозаводск, 110 лет ельник	14	271.5	3.56	2.24
	Толвуя, 70 лет сосняк	15	211.0	3.65	0.85

Примечание. ¹ Содержание в пяти пулах (надземная фитомасса (древостой и напочвенный покров); подземная фитомасса; дебрис – сухой и валеж; лесная подстилка; углерод почвы в слое 0–100 см).

Кроме того, используем данные табл. 3.3, изменив количество агентов и соответственно третью стратегию рынка. Также пусть цена углеродной квоты равна 3000 руб./га; аналогично оценим и санкции за 1 тСО₂/га. Получили прокси-данные на основе имитации деятельности компании в контексте стратегического анализа (табл. 3.9).

Таблица 3.9. Платежная матрица (матрица доходностей), построенная по прокси-показателю, заменяющему показатель «Норма чистой прибыли»

Агент	Стратегия агента	Стратегии рынка		
		1 (постоянный)	2 (расширение рынка)	3 (карбоновый стандарт)
1	1 (стационарный рынок)	6.90	7.20	4.41
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1.00	10.00	4.41
	3 (сертификация «no-till»)	1.00	7.20	4.41
2	1 (стационарный рынок)	6.90	7.20	5.83
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1.00	10.00	5.83
	3 (сертификация «no-till»)	1.00	7.20	5.83
3	1 (стационарный рынок)	6.90	7.20	0.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1.00	10.00	0.00
	3 (сертификация «no-till»)	1.00	7.20	0.00
4	1 (стационарный рынок)	6.90	7.20	5.20
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1.00	10.00	6.20
	3 (сертификация «no-till»)	1.00	7.20	13.80
5	1 (стационарный рынок)	6.90	7.20	5.20
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1.00	10.00	6.20
	3 (сертификация «no-till»)	1.00	7.20	13.80
6	1 (стационарный рынок)	6.90	7.20	5.20
	2 (инвестиции в расширение рынка)	1.00	10.00	6.20
	3 (сертификация «no-till»)	1.00	7.20	15.84
7	1 (стационарный рынок)	0.00	1.00	1.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	0.00	1.00	1.00
	3 (сертификация карбоновой фермы)	0.00	1.00	27.00
8	1 (стационарный рынок)	0.00	1.00	1.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	0.00	1.00	1.00
	3 (сертификация карбоновой фермы)	0.00	1.00	27.50

Агент	Стратегия агента	Стратегии рынка		
		1 (постоянный)	2 (расширение рынка)	3 (углеродный стандарт)
9	1 (стационарный рынок)	0.00	1.00	1.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	0.00	1.00	1.00
	3 (сертификация углеродной фермы)	0.00	1.00	19.62
10	1 (стационарный рынок)	5.00	6.00	0.03
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3.00	10.00	0.03
	3 (сертификация углеродной фермы)	0.00	0.00	0.03
11	1 (стационарный рынок)	5.00	6.00	2.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3.00	10.00	3.00
	3 (сертификация углеродной фермы)	0.00	0.00	1.16
12	1 (стационарный рынок)	5.00	6.00	2.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3.00	10.00	3.00
	3 (сертификация углеродной фермы)	0.00	0.00	2.00
13	1 (стационарный рынок)	5.00	6.00	2.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3.00	10.00	3.00
	3 (игнорирование)	0.00	0.00	19.28
14	1 (стационарный рынок)	5.00	6.00	2.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3.00	10.00	3.00
	3 (игнорирование)	0.00	0.00	21.18
15	1 (стационарный рынок)	5.00	6.00	2.00
	2 (инвестиции в расширение рынка)	3.00	10.00	3.00
	3 (сертификация углеродной фермы)	0.00	0.00	2.00
	Среднее	2.25	5.59	5.76
	Стандартное отклонение	2.49	3.82	7.18

В качестве показателя финансовой устойчивости в имитационной модели используются замещающие ее прокси-переменные, которые рассчитываются путем имитации действий в имеющихся балансах агро- и лесозаготовительного предприятия. Прокси-переменные заменяют реальные показатели при разработке алгоритма. Поэтому результаты анализа являются предварительными и требуют уточнения при наличии конкретных данных. В этом случае мы отработываем сам алгоритм и его применимость для поставленной задачи.

Учитывая, что очевидной интерпретацией стандартного отклонения является его способность оценивать «типичность» среднего, то третий случай меняет типичную картину. Стандартное отклонение показывает сильную волатильность данных. Большая дисперсия и стандартное отклонение в наборе данных 1 и 2 дополнительно демонстрируют, что набор данных в них менее рассредоточен, чем набор данных 3.

Далее проверили нулевую гипотезу о неразличимости совокупностей признаков. Средние величины результативного признака во всех условиях действия фактора (стратегии рынка) одинаковы. Поскольку Р-значение оказалось меньше Альфа (0,05), то гипотеза была отвергнута. Таким образом, средние величины результативного признака в разных условиях действия фактора оказались различными.

Таким образом, разнообразие углеродных свойств вносит серьезные коррективы и в стратегию агентов. Так агенты 1, 2 и 3 (исходя из критерия *max-min* и *min-min*) в случае введения карбонового стандарта получают только убытки. Поэтому им придется принимать сложное решение о своей судьбе. Единственно, что может помочь таким агентам – это реализация региональной политики продовольственной безопасности. Агенты 4–6 действительно выиграют от введения карбонового стандарта, даже если не смогут получить сертификат «no-till». Агенты 7–9 должны выбрать самый выгодный для них путь – это получение сертификации карбоновой фермы, если точно будут знать о предстоящих институциональных изменениях. При отсутствии сертификата, несмотря на большой пул секвестрации углерода, все равно за него не будет получена компенсация. Агенты 10–12 и 15 оказываются в сложном положении – они рискуют в случае введения нового стандарта оказаться под чувствительными санкциями. В то же время агенты 13 и 14 могут игнорировать введение стандарта.

Более того, они могут рискнуть и инвестировать в модернизацию производства и расширение рынка, если появились возможности для инвестирования и кредитования, например, налоговые и иные льготы, в частности, при реализации ГЧП или ОЭЗ. В то же время надо учитывать позицию региона в отношении обезлесения территории и прогноз изменения бюджета углерода при смене режима землепользования.

На основе расчета баланса углерода исследованных землепользований были проанализированы тренды изменений статей бюджета углерода при разных сценариях хозяйственного использования земель с учетом «времени принятия решений». В табл. 3.7 показана прогнозная картина хозяйственного использования земель, бюджета углерода землепользований, баланса экосистемы с реперными точками 10 и 50 лет. Показано, что смена землепользования на альфегумусовых почвах нормального увлажнения в среднетаежной подзоне Карелии приводит к значительным изменениям в морфологическом строении профиля почв, их агрохимических и микробиологических свойств, запасах углерода почв и экосистемы в целом [249].

Серьезный ущерб почве причиняется в результате изменений в землепользовании после вырубке лесов [337–339]. В то время как простая вырубка леса приводит к обратимым изменениям в функциях экосистем, сочетание вырубки леса с преобразованием почвы для последующего использования в хозяйственных целях может привести к необратимой деградации экосистем [340]. Современный уровень научных знаний по проблеме оценки углеродного бюджета лесов России отличает разнообразие методических решений и расчетных моделей, но зачастую и противоречивость результатов, поэтому исследования в этом направлении требуют продолжения [341]. Также существует дискуссия о соотношении поглощения углерода лесами и антропогенной эмиссии, которая находят свое подтверждение в имеющемся массиве научных публикаций [342].

Как показали наши исследования, а также исследования коллег, деятельность человека вызывает деградацию многих экосистем, деградация лесов из которых приводит к далеко идущим изменениям в круговороте питательных веществ в других связанных типах окружающей среды, к негативным воздействиям на почву, что впоследствии

приводит к снижению естественной способности леса к восстановлению [340]. Нарушение циклов питательных веществ в лесных почвах ставит под угрозу использование методов управления, включая устойчивое управление функциональной зоной, ландшафтом [343]. Антропогенные преобразования природной среды сосредоточены в так называемой критической зоне. Критическая зона (согласно работе [344]) – это диапазон границ, где распространяются антропогенные изменения в структуре, химическом составе, биоразнообразии и иных свойствах экосистем. При этом почва является наиболее уязвимой частью данной критической зоны. Поэтому ее деградация меняет характер экосистемы в течение длительного периода [345]. Нарушение самоорганизации почвы наносит ущерб как непрерывности продуктивности экосистем, так и успеху их восстановления. При этом деградация лесных почв разрушает невозполнимые природные ценности, которые улучшают адаптивность культурного ландшафта к изменению климата [346].

Таким образом, как обратимые, так тем более необратимые изменения в эволюции экосистем приводят к изменению потенциальной естественной растительности биомов и снижению пригодности земель для их прежнего и иного эффективного хозяйственного использования. Исходя из того, что интенсификация потоков CO_2 из почвы приводит к глобальному дисбалансу CO_2 в атмосфере, то в последующем также необходимо установить и конкретизировать условия, когда и как почвенные функции становятся рентообразующими и влияющими на справедливость экономических оценок, осуществляемых в рамках иерархическо-сетевой модели трансформации объектов. Поэтому, учитывая динамичность углеродных характеристик и эволюцию экосистем, требуется такая легитимизация деятельности предприятий, которая осуществляется не только в соответствии с рыночной ситуацией, но и в соответствии с конкретным состоянием природной среды.

Исследование показало, что выявленное разнообразие углеродных свойств опытных участков является значимым с точки зрения выбора рыночной траектории развития. Поэтому диверсификация почв, ландшафтов, но самым главным образом режима хозяйствования в регионе создает весьма непростую картину – в виде мозаики разнообразных зон с разным углеродным следом. Это в случае введения порядка

карбонового землеустройства внесет серьезные коррективы в стратегию агентов. «Углерод» – очень волатильный показатель; он, с одной стороны, динамично отражает состояние экосистемы, с другой – находится в сильной зависимости с режимом хозяйствования. Поэтому кардинально влияет на экономический результат функционирования агентов и выбор их стратегии и состояние (настоящее и будущее) почв – стратегического индикатора экологической политики региона.

Таким образом, институционально продвинутый карбоновый стандарт может стать важнейшим регулятором результативности транзакций в отраслях с высокой природоемкостью и в проектах землепользования. Как показывает решение вероятностной задачи в рамках экономического анализа, теории игр и стратегического анализа, углеродный бюджет экосистемы и эмиссия/сток CO_2 влияют на экономические решения, только если институционально включить режим карбоновой экономики и процесс инвестирования. С одной стороны, данное обстоятельство сможет оказывать сильное давление для принятия экологизированных экономических решений, стимулируя компании к экологическим инвестициям. С другой – в связи со складывающейся сегодняшней ситуацией на рынках компании также склонны и к игнорированию экологических требований, поскольку экологические инвестиции в настоящее время приводят к значительному и продолжительному ухудшению корпоративных финансовых показателей. Это связано как с неопределенными позициями рынка и действиями правительства, так и с пессимистическим настроением при росте оцениваемого предпринимателями инвестиционного риска.

В то же время резидентные компании, используя институт сертификации и иные благоприятные институциональные условия, смогли бы легитимно вписаться в процедуру по отводу претензий (из-за превышения выбросов CO_2) или получения соответствующих компенсаций. Также они были бы финансово заинтересованы не только не вырубать малонарушенные лесные территории, которые сдерживают мировые индексы по выбросу газов, но и вкладывать средства в сохранение лесов и интенсивное лесовыращивание. Рынок углеродных квот – это капиталоемкий рынок. Фьючерсы на эмиссионные квоты биржевые операторы торговали на уровне 32,03 евро за тонну. Morgan Stanley оценила стоимость данных квот на 2025 год на уровне 76 евро за тонну [347].

Помимо введения определенных институтов и трансформации институциональной матрицы региона, требуется учитывать и внедрять в практику еще один очень важный аспект. Исследования показали, что разнообразие углеродных свойств опытных участков является значимым с точки зрения выбора рыночной траектории развития. Поэтому диверсификация почв, ландшафтов и прочих факторов создает весьма непростую картину – в виде мозаики разнообразных зон с разным режимом хозяйствования.

Поскольку «углеродное» измерение сильно отражается как на финансовом состоянии агента, так и в судьбе и политике региона (в первую очередь, имеет значение баланс в управлении карбоновой квотой и одновременно в обеспечении экономической, продовольственной и экологической безопасности региона), то требуется организовать постоянный карбоновый мониторинг по всем функциональным зонам региона, определяемым в первую очередь по режиму хозяйственной деятельности и принятия по каждой из зон соответствующего институционального и экономического решения. При этом, инструментально и методически насыщая систему мониторинга, учитывая, что углеродный фактор оказывает сильное влияние на экономическое решение даже для агентов, использующих почвы одного типа, следует при семантическом и математическом описании структуры природно-экономических отношений выстраивать также и интеллектуальные средства искусственного интеллекта для автоматизированной интерпретации и обработки информации и принятия решения.

3.3. К СИСТЕМЕ КОНТРОЛЛИНГА И ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КАРБОНОВОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Перевод земледелия из роли пассивного фактора в долгосрочный, позитивно влияющий на экономику территории, требует использования аналитического, коммуникационного и институционального инструментария интеллектуального управления, учитывающего новые реалии и способствующего принятию обоснованного и легитимного решения в отношении режима землепользования.

В предыдущих разделах были рассмотрены философские, фактологические, институциональные и инструментальные предпосылки нового управления и предложен соответствующий математический формализм. Здесь же речь пойдет о том, как встроить разработанные концепции в логику интеллектуального управления и сформировать соответствующую систему контроллинга. Данная система интегрирует анализ, учет, контроль и взаимодействие между стратегическими и оперативными целями деятельности агента. Она должна стать основой для онтологической модели карбонового землеустройства как инструмент искусственного интеллекта.

3.3.1. Манифест «левой» повестки

Путь к карбоновой экономике пролегает через социальное переустройство общества, нацеленное на преодоление системного экономического кризиса, на то, чтобы действительно запустить хоть механизм эффективного планирования практики, в том числе и земледелия, и инвестировать свои ресурсы, в том числе интеллектуальные, политические, финансовые в перспективные направления в контексте климатической повестки на платформе своей философии.

Однако социальное устройство общества чрезвычайно сложно. Этот трюизм в силу своей очевидности не требует доказательств. В то же время сегодня весь мир (в том числе и Россия и ее субъекты) столкнулся с вызовами, которые предъявляют новые требования по формированию социального порядка, способного к модернизации экономики и самого общества. Новая реальность требует перехода системы государственного управления на управление целями, экономическими и социальными проектами в контексте кооперативного сотрудничества (основанного на идее солидарной ответственности субъектов хозяйственной деятельности), особенно при выборе левой версии климатической или в целом постмодернистской повестки.

Социальная система рассматривается как хаотическая в том смысле, что в ней действуют как силы, направленные на сохранение и поддержание целостности системы, так и силы, ведущие

к ослаблению центральных связей. В то же время власть стремится упростить и стандартизировать социальный порядок, переведя его в формат таких категорий и институтов, которые делает порядок исключительно формальным (доминирование институциональной зоны 1 на рис. 3.2), к тому же легким для контроля и управления. В этом случае в социологии применяют термин «экологическое заблуждение» [348, 349], который означает некорректное использование сводных данных группы объектов путем переноса их на отдельные объекты, или подгонки под нормы.

По своей природе экологические заблуждения являются следствием методологической ошибки в интерпретации априорных или статистических данных, где сведения о сути явлений (или субъектов) выводятся из обобщения класса этих явлений (субъектов), к которому они принадлежат. Сюда же можно отнести административные барьеры и другие моменты, нарушающие социальную экологию. В этой связи задача заключается в том, чтобы избежать этих заблуждений, сформировать необходимую информацию и снизить неопределенности экономической деятельности, предложив сбалансированный институциональный дизайн регуляторов. В ином случае рынок отреагирует на неопределенности, в первую очередь, уходя в так называемую «институциональную тень» и используя неформальные мезоинституты в контрактной системе и разные неформальные институты.

Управление, основывающееся на упрощении и уменьшении разнообразия характеристик управляемого объекта, призвано облегчить процесс проектирования социального порядка, однако, не учитывает сложность социального пространства. Вспомним так называемое «научное лесоводство», которое в негативном смысле родилось в Пруссии (конец XVIII в.) как воплощение единообразия и стандартизации. Там все было устроено в соответствии со строгим порядком: высажены деревья одной породы, уничтожен подрост, устроены прямые просеки вместо извилистых тропинок. Итогом такого порядка, когда все делалось ради производственной цели, стала гибель леса. Экосистема гибелью выражала протест против примитивного научного вмешательства, сводимого к предельному упрощению ее внутренней логики развития.

Однако идеи прусского лесоводства постепенно стали переносить и в социум. Например, в архитектуре стали выпрямлять улицы, строить монофункциональные кварталы, навязывать нормы потребности человека в свете, тепле, пространстве. Функции населения понимали утилитарно: люди должны работать, для чего им необходимо некоторое время отдыхать, спать, размножаться – все в соответствии с установленными упрощенными стандартами. В случае прусского лесоводства – лес тихо умирает, в случае утилитарного восприятия населения – люди голосуют ногами и негативными демографическими трендами. Таким образом, упрощение и механицизм в социально-экономических системах неизбежно ведет к «экологическим ошибкам» и существенным стратегическим потерям.

Сложность социальных взаимосвязей предполагает соблюдать известный «закон Эшби» [310, 311], в соответствии с которым сложная система должна иметь большее разнообразие, чем разнообразие спектра решаемых проблем, или должна быть способной создать такое разнообразие. Иначе говоря, система управления сложным динамическим объектом должна обладать способностью менять свое состояние в ответ на возможное внешнее возмущение и при этом реагировать как эффективная система управления именно на слабые сигналы.

Основная проблема в диагностике и контроле устойчивости развития и безопасности социальной системы заключается в ее сложности и многопараметричности. Чтобы рассчитать адекватную сложность предполагаемых действий по управлению реальной системой, постановка задачи нуждается в дополнении сравнительного анализа статистических распределений детальным выяснением причин изменений в размещении производительных сил (организации промышленности) и, в конечном счете, в деформации экономического пространства и дифференцированном развитии его частей. Поэтому целью информационного обеспечения управления является формирование такой системы информационной поддержки субъектов, которая принимает решения с учетом интеграции уникального сочетания факторов производства, планирования развития специализированных производств, проектирования механизмов встраивания в глобальные системы отношений.

Сегодня нужно учитывать, что происходит переход к новому мирохозяйственному укладу и к новому технологическому укладу, к интеллектуальной экономике как экономической деятельности, основанной на технологиях искусственного интеллекта и новых коммуникационных технологиях, деформирующих структуру социальных отношений и природо-социальных взаимодействий. В связи с изменением содержания общественного сознания появляется и активно внедряется новая система связей, существующих между элементами общественного сознания, и новая организация этих элементов. В интернете общественное пространство вторгается в зону личного, «индивидуальное» расширяется до объемов универсума, стираются границы между внешним и внутренним пространством [326, 327]. Поэтому интернет или «разрывает» (проявляя конфликт личного и публичного), или становится центром и площадкой взаимодействий между знанием (экспертами) и властью, обществом и властью.

Таким образом, из-за активного развития искусственного интеллекта гуманитарные науки становятся источником эффективных управленческих технологий. Например, интернет и другие цифровые площадки стали средством глобальной коммуникации, не замечающие национальные границы и объединяющие мировые информационные ресурсы в единую систему. Современному обществу (с традиционной организацией) бросило вызов так называемое «сетевое общество». Общество трансформируется под давлением коммуникации или новой культуры, а традиционная культура и язык изменяются под давлением общественного сознания [327].

Все это создает существенные основания для превращения новых коммуникационных технологий, в частности, социальных брендов в серьезный регулятор. Как будет работать этот регулятор, зависит от выбора общества, находящегося в состоянии бифуркации климатической повестки (рис. 3.8).

В связи с проблемой регулирования общественного сознания отчетливо проявляются в этом сознании два потока, которые условно назовем «конфронтационный» и «партнерский». Поэтому, в случае реализации левой повестки государственная политика должна, используя правильные стимулы, комбинируя формальные и неформальные институты (см. рис. 3.2), обеспечить поддержку конструктивным силам



Рис. 3.8. Бифуркация климатической повестки: «левая» или «либеральная» версии?

по формированию партнерского взаимодействия в целях решения эколого-социально-экономических проблем и сдерживания конфронтационных действий и настроений в обществе и хозяйственной практике.

Объединение множества индивидов приводит к эффекту кооперации – массовой социальной силы, действующей как целостный организм. Поэтому причины экономического развития необходимо искать в природе коллективных явлений в экономическом пространстве, представляемого плотной контрактной сетью и иными институциональными конструкциями, определяющими ареал компетенций, который и становится объектом изучения – сферой, где проявляются определенные институциональные реакции и действуют новые социальные регуляторы. Таким образом, в соответствии с климатической повесткой и форматами низкоуглеродной экономики обществу посредством механизма социальных брендов навязывается новый формат взаимодействий, в соответствии с которым структура социальных брендов становится приоритетной по отношению к производственной структуре экономики.

Кроме того, учитывая, что в случае левой повестки необходимо исключить из практики правовую инверсию (превалирования частного права над общим), то в отношении земли (как объекта имущественных прав) необходимо вводить ограничения – т. е., по сути, вместо исключительного права («частной собственности») в контрактную систему ввести ограниченное право. Скорее всего, для этого потребуются соответствующим образом скорректировать ст. 9 Конституции РФ. Земля – это не просто средство производства, это основной элемент экосистемы, от которого зависит состояние наземных экосистем и, в конечном счете, судьба самого человека. Поэтому юридическую судьбу земли (и в целом природных ресурсов) не должен определять собственник актива без ограничения в своих действиях, ориентируясь исключительно на краткосрочную ликвидность и на получение прибыли, несмотря ни на какие последствия.

В пике действующей модели капитализма (его либеральной «фиатной» версии) эффективность хозяйственной деятельности должно определять общество, ориентируясь на полезность, приносимую обществу в целом. В переходе от частной выгоды к интересам общественного производства заключается суть левой повестки. Но чтобы реализовать данную концепцию на практике, требуется иная онтология (причем *своя*), которая позволит выстроить *свою* картину экономического и социального мира. Онтология рассматривается как в философском смысле, так и информационном. При этом требуется совершить когнитивные шаги от первой онтологии ко второй, связав когнитивные функции социальной системы с управленческими, проявляющимися в том числе в отношении взаимосвязи социума и природы.

3.3.2. Организационная модель взаимосвязи когнитивных функций с управленческими

Климатическая повестка в долгосрочной перспективе будет оказывать существенное влияние на развитие мировой и российской экономики. Глобальная проблема климатических изменений ставит перед Россией вызовы по двум направлениям: необходимости реагирования производственных процессов на усиление климатических ограничений

и необходимости организационно-институциональной адаптации социальных систем. Вопрос легитимного счета и оценки реальных рисков становится важнейшим аргументом в борьбе за получение реальных углеродных компенсаций для российского бизнеса и установления справедливого карбонового налога с учетом геоэкономических условий и на основании данных карбонового мониторинга, проектируя все эти компоненты в контуре соответствующей организационной модели.

Для этого ставятся и решаются три фундаментальные исследовательские задачи. Первая заключается в разработке подхода для определения вкладов и потоков CO_2 в генерации парниковых газов и необходимого объема их секвестрирования. Работа включает в себя сбор и анализ эмпирических данных, их теоретическое обобщение, моделирование свойств почв, а также типологизацию объектов (почв и ландшафтов) по критерию углеродного бюджета и операционализованных категорий.

Вторая фундаментальная задача связана с формированием подхода к справедливой оценке природного капитала, в основу которой положено фундаментальное понимание онтологии транзакций и интерфейса социальной и природной геосистем. Для этого требуется построить семантические конструкции и математические модели, адекватные сложности предполагаемых действий по управлению социальными и природными геосистемами принятия соответствующего решения в отношении изменения режима землепользования.

Третья фундаментальная задача заключается в том, чтобы в условиях усиления геоэкономической конкуренции и перевода хозяйства на новый уклад необходимо подготовить предпосылки для эффективного накопления и использования интеллектуального потенциала и институционального капитала для управления новой инвестиционной реальностью. Борьба за доходы в карбоновой экономике начинается с обладания знаниями и борьбы за интеллект и компетенции, защищенные силой (правовой, политической, экономической). Для этого необходимо проделывать определенную работу по формированию семантического описания сложной структуры природно-хозяйственных отношений в социальной геосистеме на основе междисциплинарного синтеза экономического и экологического мышления. Также эта работа включает в себя создание онтологических и иных моделей, которые

позволили бы встроиться в измененную релятивистскую картину социального мира и обеспечили бы семантическую интероперабельность информационных ресурсов и автоматизированную интерпретацию, и обработку информации с целью ее эффективного использования в качестве новых интеллектуальных средств современной инженерии знаний и искусственного интеллекта.

Чтобы построить такие семантические конструкции и онтологические модели, адекватные сложности предполагаемых действий по управлению социальными и природными геосистемами, постановка исследовательской задачи и поиск ее решений нуждается как в новой повестке, так и в новой организационной модели (рис. 3.9), фокусирующей усилия на формировании интеллектуального потенциала и институционального капитала для управления новой инвестиционной реальностью.

Данная организационная модель, с одной стороны, реализуется посредством когнитивной рефлексии с последующим конструированием систем из категорий, отражающих реальные процессы, максимально приближенных к действительности. С другой – ориентирует когнитивный процесс на правильную организацию социального

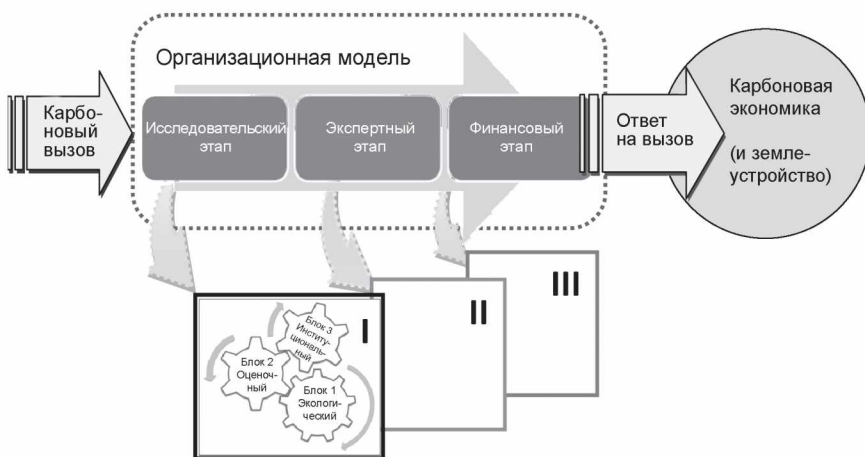


Рис. 3.9. Этапы формирования взаимосвязи когнитивных функций социальной системы с управленческими (организационная модель)

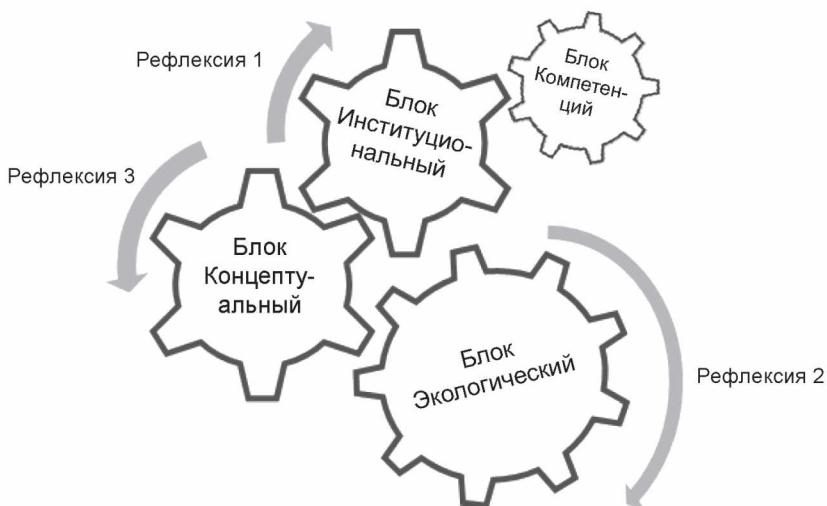


Рис. 3.10. Исследовательский этап организационной модели

На рисунке введены следующие обозначения направления рефлексии: 1 – институциональное; 2 – семантическое и информационное; 3 – экспертное

порядка и хозяйственной практики через укрепление институционального капитала так, чтобы при этом нейтрализовать экологические ошибки (как в социальном, так и природном смысле) и правильно выстроить баланс процессов бюрократизации и самоорганизации в контексте «левой повестки».

Учитывая, что существует когнитивная сложность системы управления, влияющая на институциональные и социальные реакции, применяемые решения и модели должны быть сопоставимы по сложности моделируемой реальности. Поэтому в рамках исследовательского этапа (рис. 3.10) включается логика рефлексии и системного анализа: от структур и процессов к функциям и экосистемным услугам и далее к ценностям.

В ходе рефлексии выявляется общее и частное в развитии исследуемых феноменов, их единство, порядок и структура взаимосвязей для достижения структурированности и смысловой законченности в контексте устойчивого землепользования. Происходит осознание субъектности и подготовка мышления к новым ситуациям.

При этом для устранения неопределенностей (в частности, в поступлении и распределении денежных потоков) в фокус исследования ставится трактовка институтов и их роль в развитии социальных геосистем. В данном обстоятельстве, а также в учете пространственно-временной континуальности и существенном усилении субъективного компонента (компетенций) заключается онтологическая особенность современного этапа развития экономической теории.

Соответствующая данным рассуждениям схема когнитивной рефлексии представлена на рис. 3.11. Данная схема предназначена для анализа состояния региональной институциональной матрицы в контексте экономического и институционального пространства и выстраивания взаимосвязи когнитивных функций социальной системы с управленческими для подготовки ответа на карбоновый вызов.

В рамках данной схемы необходимо определить генезис источников информации и логику информационных потоков, а также условия их согласования, так как от качества данного этапа зависит качество институциональная оптимизация регуляторов (реализуемая в Блоке «Компетенций»). Под оптимизацией институтов подразумевается не только их создание, но согласование существующих институтов (например, государственных институтов развития), особенно учитывая свойства региональных институциональных матриц. В частности, современная система управления агропромышленным комплексом России осуществляется в рамках Государственной программы (ГП) развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (утв. решением Правительства РФ от 23.12.2021 N ММ-П11-19122), которая учитывает особенности ведения хозяйственной деятельности в современных экономических условиях.

Реализация направления ГП осуществляется на основании законодательных документов Правительства РФ, Министерства сельского хозяйства РФ и региональных правительств. В то же время регионы характеризуются разной степенью применения инструмента ГП развития региональных АПК. Покажем это на примере СЗФО, сопоставив цели, задачи и индикаторы ГП, действующих до 2020 года (табл. 3.9).

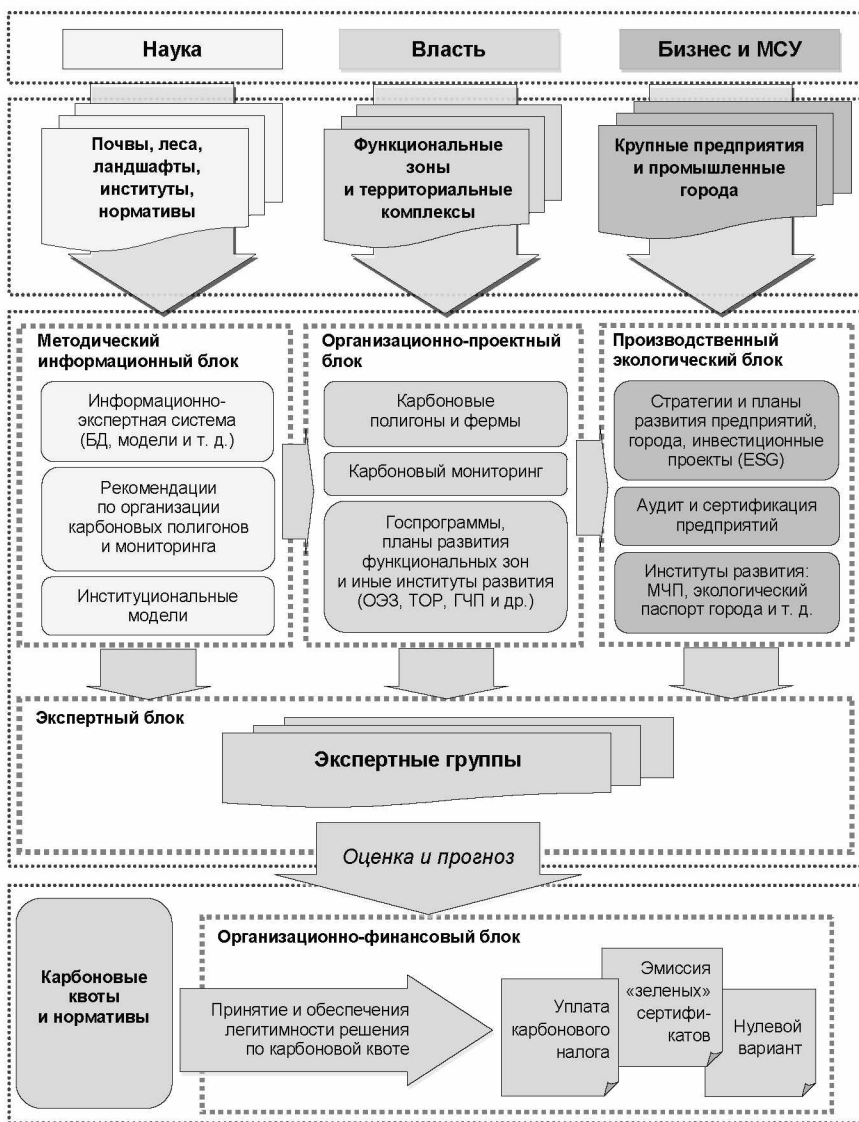


Рис. 3.11. Схема «рефлексии институциональной» для установления состояния региональной институциональной матрицы в контексте экономического и институционального пространства (МСУ – местное самоуправление)

Таблица 3.9. Сопоставление целей, задач и индикаторов Госпрограммы с государственными программами развития АПК в регионах СЗФО [350]

Наименование	Количество ГП	Количество целей	Соответствие целям ГП РФ	Соответствие целям ГП РФ, %	Количество подпрограмм	Количество задач	Соответствие задачам ГП РФ	Соответствие задачам ГП РФ	Количество целевых показателей, %	Количество целевых показателей РФ в регионал. ГП	Соответствие целевым показателям РФ, %	Средний % соответствия ГП РФ по выбранным компонентам
Российская Федерация	1	3	X	X	9	10	X	X	10	X	X	X
Республика Карелия	1	2	2	67	8	8	8	80	10	9	90	79
Республика Коми	1	1	2	67	10	10	8	80	18	9	90	79
Архангельская обл.	3	3	2	67	4	17	8	80	21	9	90	79
Вологодская обл.	1	3	2	67	6	4	7	70	12	8	80	72
Калининградская обл.	1	1	2	67	3	4	4	40	4	4	40	49
Ленинградская обл.	1	5	3	100	8	12	8	80	7	7	70	83
Мурманская обл.	1	3	2	67	5	8	8	80	5	1	10	52
Новгородская обл.	2	12	3	100	8	25	9	90		0	0	63
Псковская обл.	1	4	3	100	14	8	8	80	7	7	70	83

Примечание. максимальное значение

минимальное значение

Действующие государственные программы развития АПК СЗФО в достаточной и высокой степени можно увязать с целями развития АПК России, т. е. их соответствие с целями составило от 67 до 100 %. Полное соответствие наблюдается в Ленинградской, Новгородской, Псковской областях, что обусловлено развитием в этих регионах перспективной экономической специализации, направленной на ускоренное импортозамещение сельскохозяйственной продукции и продовольствия (мяса, молока, овощей, картофеля).

Степень связанности региональных ГП развития АПК округа с федеральным документом стратегического планирования в разрезе задач является менее выраженной и составляет от 40 до 90 %. В то же время сравнительный анализ документов отражает наличие разных методических подходов к разработке целей, увязке их с задачами и направлениями реализации ГП. Поэтому существует необходимость согласования единого методического подхода к разработке документов стратегического планирования, формированию целей, задач, приоритетов, направлений реализации во всей иерархической системе документов. В этом как раз и заключается важнейшая задача оптимизации институтов развития.

Анализируемые документы, отражающие государственные институты развития, имеют разное количество этапов и сроки их проведения, что отражается на организации управления, мониторинга и контроля реализации мероприятий. Это может в дальнейшем затруднить их совместную координацию при реализации карбоновой повестки и соответствующей политики страны и ее регионов. Более того, данное несоответствие может поставить под сомнение возможность региона претендовать на зеленые компенсации. При этом регионы также по-разному подходят к обязательной процедуре оценки эффективности реализации ГП, что непосредственно сказывается на легитимности этих оценок, в том числе и в отношении карбоновых квот.

Кроме того, и в основу формирования эффективной региональной политики должен быть положен научно-обоснованный подход к размещению производства (программно-целевой подход, бюджетирование и т. д.). Научное обеспечение государственного программирования развития региональных АПК – это прежде всего научное, информационно-аналитическое и методическое обеспечение программных мероприятий; научное обоснование эффективных методов хозяйствования в современных условиях; разработка и практические рекомендации по совершенствованию организационно-экономических механизмов функционирования АПК и формированию перспективных моделей ценообразования на земельных и смежных рынках.

Чтобы этого достичь в настоящем исследовании, придерживаемся логики и последовательности этапов формирования и идентификации экосистемных услуг и определения их ценности в соответствии с работами [149, 150] (см. рис. 3.9).

Сначала в рефлексивной технике производится исследование фактов – затем создание математических моделей и семантических конструкций, описывающих структуру отношений в изучаемых экосистемах (рис. 3.12). В целях формирования и идентификации экосистемных услуг и наполнения семантическим и информационным содержанием блока «Экологический» осуществляется когнитивная

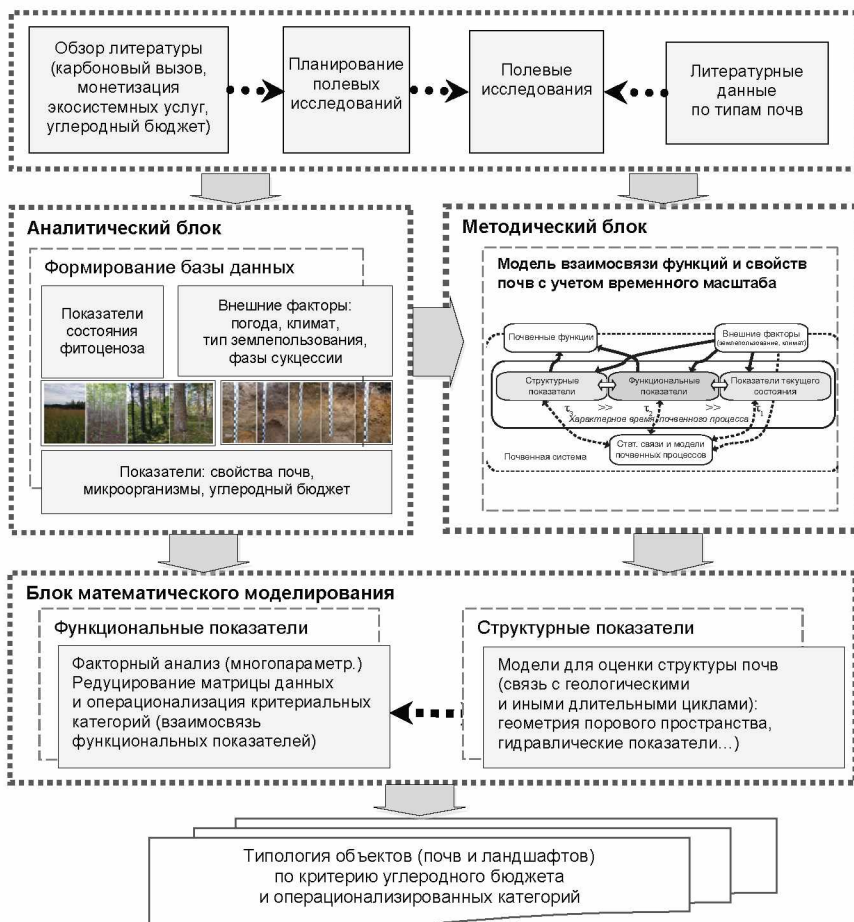


Рис. 3.12. Схема «рефлексии семантической и информационной» для наполнения содержанием блока «Экологический»

рефлексия, реализуемый через системный подход к исследованию функций почвенной системы, включающий проведение сбора и анализа эмпирических данных, их теоретическое обобщение, моделирование свойств почв, а также осуществление типологизации объектов по критерию углеродного бюджета и операционализированных категорий.

В качестве прикладного значения выполненной работы является рекомендация о формировании концептуальных основ экспертно-информационной мониторинговой системы, нацеленной на получение ответов на поставленные вопросы, способной не только достичь глубины фундаментальных противоречий структуры социально-природных отношений, но и подготовить необходимые решения и соответствующие институциональные реакции (рис. 3.13). Она рассматривается как вклад в создание национальной системы подсчета углеродного баланса и формирования своевременных легитимных институциональных решений.

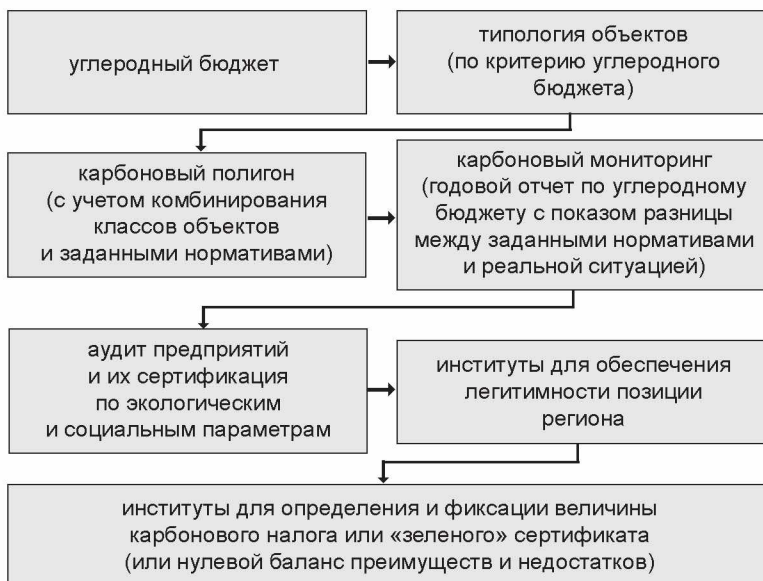


Рис. 3.13. Схема мониторинговых исследований с учетом взаимосвязи когнитивных и управленческих функций социальной геосистемы

В данную систему должны входить карбоновые полигоны (участки для отработки технологий контроля над производством и поглощением парниковых газов), карбоновые фермы (ландшафты или отдельные территории, где в больших объемах поглощается углекислый газ) и др. элементы. Для создания полигона необходимо привлечь инвестора (капитальные вложения оцениваются в размере не менее 120 млн руб.), а также создать консорциум, в который войдут научные институты, вузы и хозяйственные общества. В случае создания карбоновой фермы можно привлекать к консорциуму природные парки и заповедники.

3.3.3. Схема встраивания алгоритмов монетизации экосистемных услуг в интеллектуальную систему управления

Экспертный этап реализации организационной модели нацелен на интеллектуализацию системы управления, адекватной новой экономической реальности. При этом, с одной стороны, эксперт опирается на фундаментальное понимание онтологии транзакций и концептуализации сущности микро-, макроэкономического и локального равновесия в контексте рационального земледелия. С другой – на фундаментальные парадигмы биологической науки. Поэтому для реализации поставленных фундаментальных задач подготовлена специальная методологическая платформа. Для ее создания осуществлен междисциплинарный синтез естественно-научного и экономического категориальных стилей мышления с учетом трансдисциплинарности почвенно-биологического и мезоэкономического научных комплексов с использованием методов философии науки (обоснование референта познания), экономической социологии, синергетики, системотехники, статистического многопараметрического анализа и математического и имитационного моделирования, а также стратегического анализа (выбор стратегий агентов при изменении режимов землепользования).

В целях окончательного определения ценности экосистемных услуг представлена схема встраивания алгоритмов монетизации экосистемных услуг в интеллектуальную систему управления (рис. 3.14). Ее наполнение содержанием и математическими

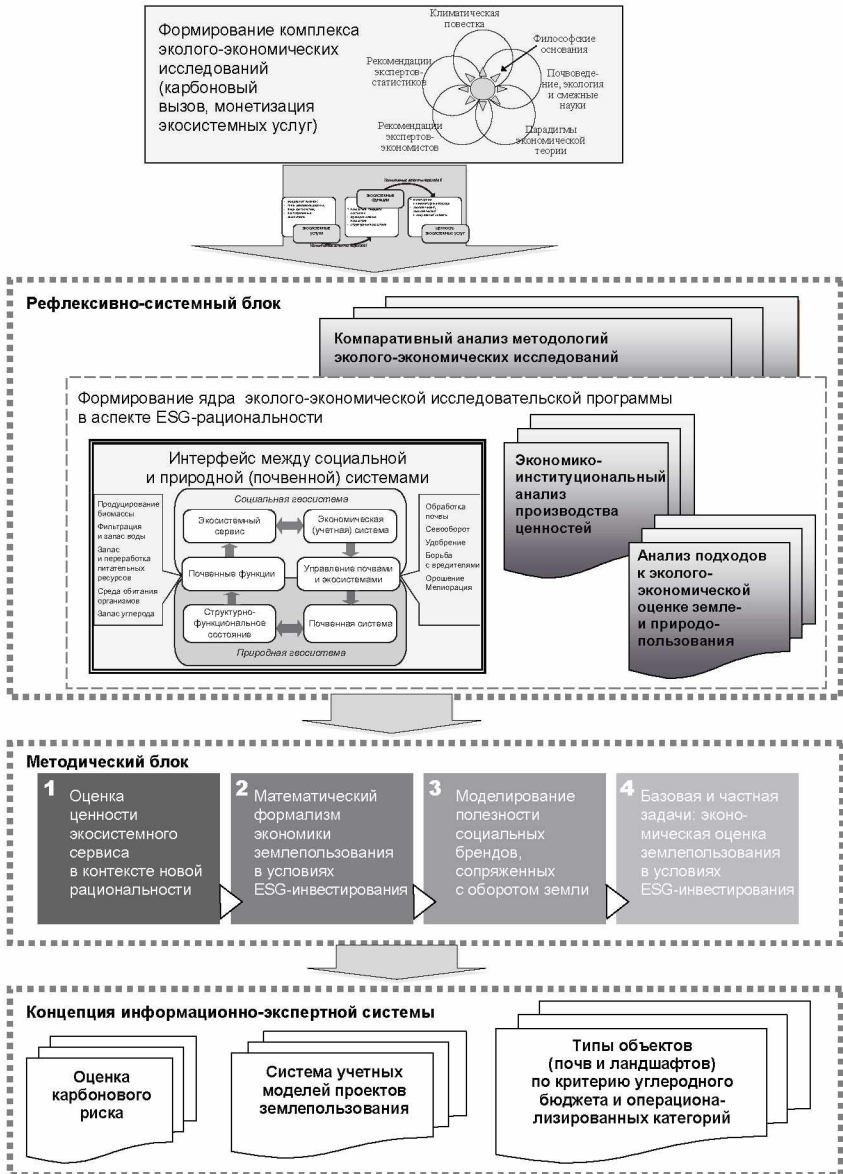


Рис. 3.14. Схема встраивания алгоритмов монетизации экосистемных услуг в интеллектуальную систему управления

моделями осуществляется на основе альтернативного подхода, разработанного в рамках мезоэкономической методологии, учитывающей пространственный аспект экономических процессов и особенности производства ценностей рынков чемберлинского типа, к которым относятся отраслевые рынки с высокими природоемкостью и транзакционными издержками. Технически моделирование выстраивается на основе концепции сетевого моделирования, описывающей взаимоотношения социальной и природной систем. Элементы «дерева» иерархии представляют собой наиболее вероятное развитие ситуации или наиболее вероятное состояние систем в ходе смены стадий демулационной сукцессии или смены режима землепользования.

В рамках данной схемы производится экономический и институциональный анализы экономической ренты, под которой понимается выраженный в системе имущественных и неимущественных прав потенциал движения агента в экономическом пространстве, определяемый начальным и конечным положением агента и свойствами самого экономического пространства и оцениваемый через рентную функцию, превращенную в цену производства. При этом в качестве рентиобразующих факторов рассматриваются уже не только природные причины, но и монопольная власть и иные институциональные и пространственно-связанные причины.

Таким образом, институционально продвинутый карбоновый стандарт, поддерживаемый правовой системой, становится дополнительным регулятором результативности транзакций и эффективности регионального хозяйства.

Процесс интеллектуализации системы управления предполагает также то, что на основе анализа подходов к моделированию экономической оценки экосистемного сервиса в целях снижения системных рисков в условиях ESG-инвестирования применяется комплекс методов, связанных с длинным горизонтом планирования, анализом тенденций рынка и стратегий участников рынка. В том числе применяется и доходный подход с использованием международных стандартов эколого-экономической оценки. При этом иные подходы (применяющие так называемые вспомогательные счета) рассматриваются как частные способы расчета дополнительных величин в составе процедуры оценки. Эти способы применяются для расчета

отдельных параметров, которые предусматриваются в составе процедуры оценки общественного блага. «Зеленые» счета базируются на корректировке экономических показателей за счет двух величин: стоимостной оценки истощения природных ресурсов и эколого-экономического ущерба от загрязнения.

Для непосредственной монетизации экосистемных услуг используется структурная вероятностная модель экономической оценки изменения режима землепользования с учетом карбонового риска и длинного горизонта планирования в условиях ESG-инвестирования. При этом аналогично подходу Эндреса-Квернера [314] ввели социальную ставку дисконтирования. Модель монетизации экосистемных услуг реализуется в рамках комплексной задачи, в которой есть базовая и частные задачи. Для формулирования и решения базовой задачи применяется логико-вероятностный подход с применением комплекса методов, связанных с учетом длинного горизонта планирования и анализом тенденций рынка, стратегий участников рынка; в том числе применяется и метод расчета дохода, рассчитываемого в рамках модели монополистической конкуренции социальных брендов. Для оценки карбонового риска используется формализм статистической механики, который позволяет вычислять вероятность локальной нестабильности состояний исследуемых социальных геосистем с учетом влияния пространственных экстерналий и требований ESG-инвестирования, оказывающих существенное воздействие на рыночную структуру и эффективность экономики региона.

В целях интеллектуализации системы управления в системе мониторинга используются концепция контроллинга с дополнительными системными инструментами. Для формирования матрицы контроллинга используется многомерная структурная группировка на основе редуцирования структуры матрицы исходных признаков, связанные с углеродным бюджетом и эмиссией CO_2 , и условия, когда эти признаки становятся рентообразующими и влияющими на экономические оценки (показатели бухгалтерского и экономического учетов). Сутью контроллинга является оперативное сравнение и коррекция плановых и фактических показателей, интегрирование анализа, учета, контроля, а также взаимодействие стратегических и оперативных целей агента.

На основе многопараметрического анализа установлено, что состояние функциональных характеристик почвы и их сочетание не случайны, — существуют паттерны, связанные как с типами почв, так и с типами землепользования. При этом опирались на доказательство гипотезы о закономерностях демутиационных сукцессий как H_0 -гипотезы (совпадении математических ожиданий выборок): измеренные углеродные показатели отражали одинаковую закономерность влияния стадийности сукцессии.

На основании проведенных исследований сделали вывод о том, что основным фактором, влияющим на величину эмиссии CO_2 из почв и запас углерода, является сложный объект (тип почвы + тип землепользования). Это дает основание полагать, что тип землепользования с экспертной системой прогнозных оценок соответствующих индикаторов является ключевым фактором в формировании данных карбонового мониторинга как неперемное условие справедливой оценки регионального рентообразования. В целом подтвержден вывод (в работах [351, 352 и др.]) о том, что структура землепользования, его изменение играет важную роль в эмиссии CO_2 (в атмосферу) и в региональном балансе углерода.

Таким образом, в качестве индикаторов экосистемы выступают углеродные показатели, а также структура почвы или геометрия почвенного пространства. Данный термин используется в смысле определяющей роли почвенной структуры в формировании плодородия и управлении качеством окружающей среды, как это показано в ряде работ [353–356], а также в том смысле, что оценка изменения структурной организации почв востребована для формирования индикаторов функций почв в экосистемах [162–164], в частности, секвестрации углерода в почве [353, 357]. Геометрия почвенного пространства оценивается через геометрические по своей природе параметры (пористость, характерный размер пор, функция распределения пор по радиусам) в общем случае характеризует способность пористой среды пропускать через себя жидкость и газ. К тому же ранее в литературе показано, что возможно моделировать структуру порового пространства и процессы массопереноса в пористых средах [358]. Поскольку наибольшая доля порового пространства приходится на ультрамикropоры и микropоры [358], то можно привлечь данные гранулометрического анализа

и физико-механические свойства исследуемых объектов, получить интегральные показатели, характеризующие как геометрию среды, так и зависимые от нее параметры, определяющее влаго- и воздухопроводность почвы (результатирующие переменные).

В итоге определена матрица контроллинга, отражающая устойчивость экосистемных функций, представляющая иерархизированную систему показателей текущего состояния (погода, технологии), функциональности (потоки углерода, геометрия почвы (почвенного пространства), структурности (тип почвы, режим землепользования, запасы углерода) и показателей эффективности деятельности агента. Для ее визуализации применен *инфографический* подход, который в преломлении к моделированию процессов управления заключается в том, что изначально предполагаются возможности изменения характера поведения, а, следовательно, и исходного представления об управляемом объекте и окружающей его локально-организованной среде. Управление подобными объектами возможно при постоянной трансформации структуры системы управления, названной системой управления с переменной структурой. В этом случае как инструмент управления, когда средства визуализации изучаемой информации имеют значение, актуален инфографический подход.

На рис. 3.15 представлен «Экономико-природный барометр» в виде инфографической модели землепользования, рассчитанной через математические ожидания показателей финансовой устойчивости агента и средних углеродных показателей.

«Экономико-природный барометр» показывает состояние и сдвиг фундаментальных характеристик природных и социальных геосистем. При этом большое значение имеет сопряжение эволюционных темпо-ритмик развития данных систем. В качестве фундаментальных характеристик социальных геосистем выступают «рента» и «энтропия», природных (земельно-почвенных) систем – баланс и эмиссия углерода (генетические характеристики почвенных и фито процессов в условиях типичной географо-климатической зоны). Таким образом, в рамках контроллинга агент воспринимается как интеллектуальный объект в рамках задачи сохранения структуры объекта для функционирования сообразно с исходной поставленной целью и управления элементами структуры.



Рис. 3.15. Инфографическая модель – компонент «Экономико-природного барометра», отражающая эффективность режимов землепользования

Процесс «интеллектуализации» системы управления связан со своевременным отражением разнообразных отношений между элементами геосистем, в частности, с выбором показателей и определением их целевых значений. Показатель представляет собой измеритель степени достижения стратегической цели. Показатели и их целевые значения предоставляют субъекту управления своевременные сигналы, основанные на отклонениях реального положения вещей от планового, т. е. полученные фактические количественные результаты сравниваются с запланированными.

В ходе осуществления контроллинга происходит постоянное сравнение показателей с критическими (пороговыми) показателями производства природной и социально-экономической систем в условиях действующих вызовов в целях обеспечения экономической, экологической и иной безопасности развития территории. Каждый

показатель имеет встроенную индикаторную линейку, которая для выбранного периода наглядно показывает при помощи «индикатора» значение показателя и его плановое достижение в интервале между минимальным и максимальными значениями.

Анализ пороговых значений состояния природы и социума позволяет выявить, какие механизмы работают в условиях стресса. Структура данных экспертной карты онтологической модели представлена в табл. 3.10, а метод работы инфографической модели индикатора – на рис. 3.16.

При этом также для каждого режима функционирования системы, в зависимости от изменения фактического значения по сравнению с прошлым периодом, отображаются стрелки различных направлений или «тренд» на карте стратегии, выстроенной по методам МакКинзи на основе платежных матриц (см. табл. 3.9).

Таблица 3.10. Структура данных экспертной карты мониторинга

	Параметр	Назначение
1	Название	Наименование показателя
2	Единица измерения	Единица измерения значений показателя
3	Временной горизонт	Тип показателя – отсроченный или опережающий
4	Периодичность	Нет; Месяц; Квартал; Полугодие; Год. Периодичность – это частота измерений значений показателя во времени
5	Минимальное значение	Указывает на минимально возможное значение показателя. Используется для контроля при вводе значений показателя и для построения индикаторной линейки
6	Максимальное значение	Указывает на максимально возможное значение показателя. Используется для контроля при вводе значений показателя и для построения индикаторной линейки
7	Целевое значение	Цель – значение показателя, которое нужно достигнуть
8	Целевая дата	Плановая дата достижения целевого значения
9	Нижнее допустимое отклонение	Нижнее допустимое отклонение от целевого значения
10	Верхнее допустимое отклонение	Верхнее допустимое отклонение от целевого значения
11	Нижнее критическое значение	Показание из диапазона значений «Минимальное – Нижнее допустимое»
12	Верхнее критическое значение	Показание из диапазона значений «Максимальное – Верхнее допустимое»

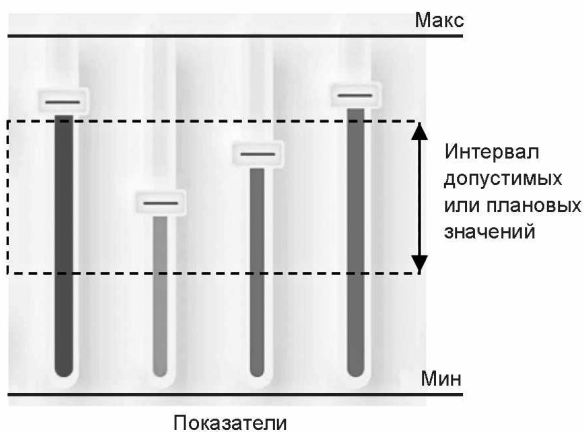


Рис. 3.16. Инфографическая модель индикатора

Таким образом, с использованием предложенного теоретического подхода выстраивается система мониторинга и управления с переменной структурой геосистем для группы режимов землепользования в целях переформатирования землеустройства в контексте новой рациональности. А в отношении агента, функционирующего в разных режимах землепользования, проработана методологическая основа постановки задач устойчивости: функциональности почвенной системы и инвестиционной прогнозируемости сектора с неопределенным будущим, ориентированного на декарбонизацию.

3.3.4. Алгоритмизация накопления институционального капитала

Выше предложен системный подход к исследованию и построению интерфейса между социальной и природной геосистемами, которые являются составными компонентами комплексной геосистемы. В таких сложных условиях в рамках финансового этапа организационной модели требуется настроить оптимальный дизайн эколого-экономических регуляторов и, по сути, реализовать новую институциональную

модель карбонового земледелия в соответствии с новой инвестиционной реальностью. Оптимизация дизайна рыночных механизмов выстраивается при соблюдении баланса процессов бюрократизации и самоорганизации, при рациональном взаимодействии государственного, частного, монопольного и общественного секторов на основе правильных стимулов; укрепление формального порядка должно осуществляться через расширение сферы государственного вмешательства (интервенция вширь) и через усиление роли государства в уже регулируемых сферах (интервенция вглубь), как показано на рис. 3.3 и реализовано на схеме 3.17.

Тогда в соответствии с новой онтологией произойдет постепенное накопление институционального капитала, правильное использование которого создаст необходимые условия для реформирования землеустройства в новую инвестиционную реальность, не допуская провалов институционального капитала при переводе землеустройства в новую инвестиционную реальность.

Таким образом, представлена методика для проведения исследований, направленных на создание основ моделирования систем управления в условиях изменяющейся структуры объекта управления и окружающей среды, а также на практическую реализацию онтологической модели нового землеустройства. В то же время отдаем себе отчет в том, что представленная методика к исследованию и реализации карбонового землеустройства из-за сложности объекта разработана на основе концептуального, а не парадигмального знания. Методологическая платформа концепции не отражает фундаментальность существующих биологических парадигм. Она сконструирована, во-первых, в философской доктрине неопозитивизма, во-вторых, на платформе междисциплинарного синтеза естественно-научного и экономического категориальных стилей мышления, позволившего сформировать гипотезу о системном взаимодействии социального и географического пространства, находящихся в согласованном эволюционном ритме; в-третьих, с использованием инструментария системотехники при проектировании институциональных моделей взаимодействующих сложных объектов управления.

Повторим сформулированные в разделе 3.1.3 компоненты институциональной модели порядка землепользования:

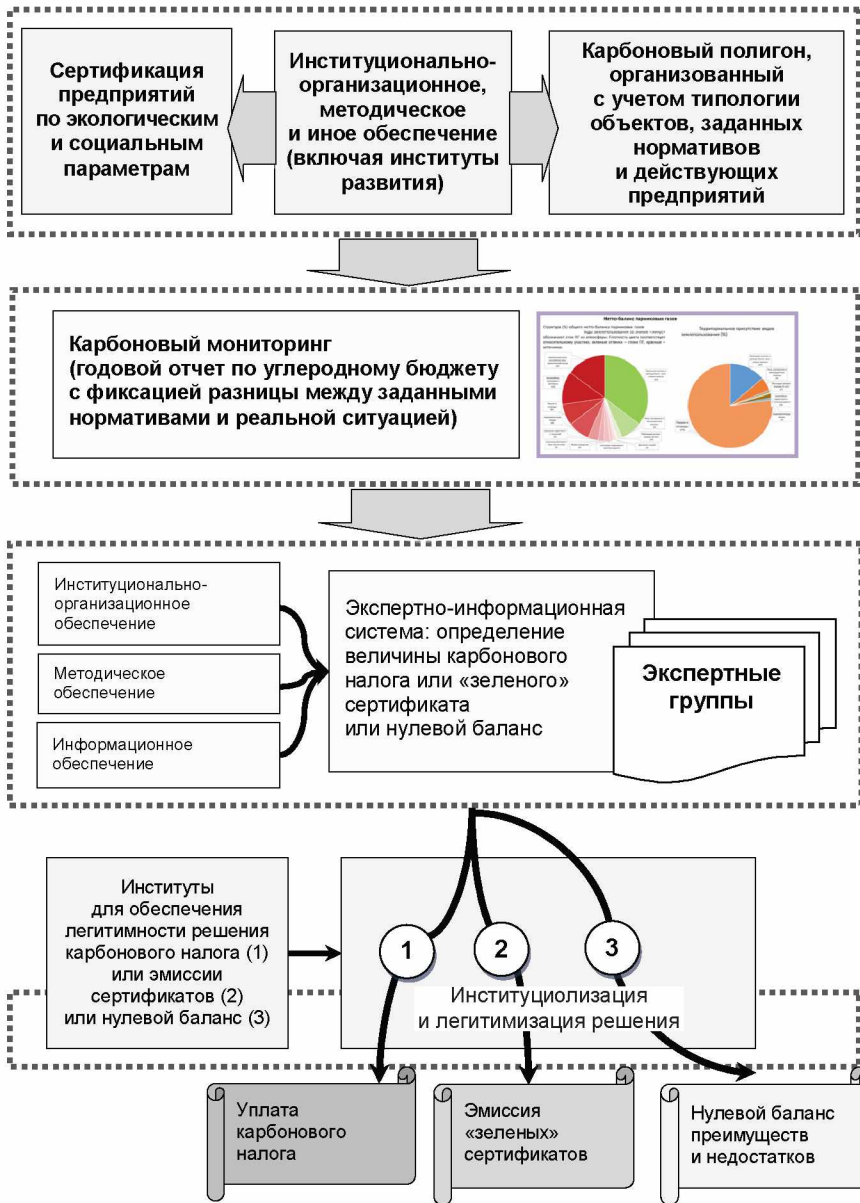


Рис. 3.17. Блок «Компетенций»

- алгоритм взаимовыгодного сотрудничества, контрактации и обеспечения договоров исковой силой в целях снижения транзакционных издержек, в конечном счете, определяющих масштаб деятельности агента и его легитимность как сертифицированного агента;
- система правильных стимулов и мотивов для привлечения инвесторов (с одной стороны) и снижения оппортунизма стейкхолдеров (с другой стороны) для расширения масштаба деятельности агента и развития форм ГЧП и МЧП и иных государственных институтов развития для регулирования социальной ставки дисконтирования;
- система коммерческих брендов, обладающих коммерческой значимостью и способных эффективно реализовываться в условиях сложившегося локального равновесия межрегиональных и мировых рынков и действующей конфигурации рыночной власти и оптимизации социальных регуляторов;
- система легитимных (придающих прочность институциональному капиталу) социальных брендов, которые повышают устойчивость (резилентность) региона (территории) в условиях трансформации структуры социальных отношений общества и активного действия экологических императивов, выдвигаемых климатической повесткой.

Именно взаимодействие и стало предметом исследования и управления в рамках системотехнического проекта, позволяющего совместно использовать существующие институты развития (в частности, региональные кластеры и иные институты развития) и новые, нацеленные на альтернативное ценообразование. Поэтому пришлось параллельно разрабатывать онтологические модели общества в геосистемном представлении, нацеленные на повышение резилентности социальных геосистем – способности сообществ противостоять стрессам и нарушениям, происходящим в результате социальных и экологических изменений, не теряя способности самоорганизации и минимизируя потери, своевременно адаптируя свою структуру к рискам и новым форматам мировой экономики. В данном случае рассматриваются социальная и природная геосистемы (экономический ареалкомпетенций + ландшафт) в новой системе

учета. При этом деятельность фирмы и региона (институциональный ареал компетенций совпадает с таксоном) рассматривается в контексте резилентности социальной и природной геосистем, что позволяет вводить инклюзивную карбоновую квоту и эмитировать зеленые ЦБ сертифицированным агентам.

Чтобы сформировать дорожную карту переформатирования системы управления регионом в контексте карбонового вызова, вернемся к рис. 1.7, где была представлена концептуальная (визуальная) модель согласования эволюционных ритмов социальных и природных геосистем в виде обозначения интерфейса между социальной и природной системами. Теперь пересмотрели замкнутый управленческий контур с учетом выстроенной онтологической модели развития общества и представили его на рис. 3.18. При этом принципиальным для интеллектуального управления, определяющего переход к новому технологическому укладу, является управление интеллектом социума, компетенциями (в смысле новой экономики), для чего используются такие компоненты, как оптимизация



Рис. 3.18. Структурно-функциональные регуляторы интерфейса между социальной и природной системами (концепция дорожной карты контроллинга)

институционального дизайна эколого-экономических регуляторов с активным применением коммуникационных технологий (включая социальные бренды), деформирующих структуру социальных отношений и природо-социальных взаимодействий.

Институциональное внедрение измерения углеродного следа сильно скажется как на финансовой устойчивости агента, так и на геоэкономической стратегии региона, в части сбалансированного обеспечения экономической, продовольственной и экологической безопасности регионов. Данные обстоятельства требуют системной работы по снижению дефицита компетенций и формированию интеллектуальной системы управления, ориентированной на накопление институционального капитала, монетизируемого в рамках нового землеустройства и внедрение правильных стимулов, не допуская провалов институционального капитала при переводе землеустройства в новую инвестиционную реальность. За счет данных действий земледелие сможет перейти из роли пассивного фактора в долгосрочный фактор, позитивно влияющий на экономику региона.

Таким образом, представленный подход посредством системотехники позволяет выстроить схему управления, в которой в категории кластерного брендинга (апробированного организационно-институционального инструмента управления региональным развитием) объединяются коммерческие и социальные бренды, а также обеспечивается альтернативное ценообразование и изменение ситуации в пользу неликвидных отраслей (таких как сельское хозяйство, земледелие).

При этом предполагается и учет экосистемных услуг с точки зрения человеческих ценностей (в том числе и как социокультурных потребностей общества), и карбоновый мониторинг (легитимность результатов которого неизбежно повлияет на величину карбонового налога и компенсационные квоты, предназначенные для продажи), и адекватный институциональный дизайн со сбалансированными эколого-экономическими регуляторами альтернативного (углеродного) ценообразования.

Выводы к части 3

В результате исследования предложен системный подход к изучению функций социальной и природной систем и их когнитивной связи с управленческими функциями, сформирован математический формализм экономики землепользования и предложена комплексная модель монетизации экосистемных услуг, учитывающих инвестиционные риски и общественную полезность, а также разработаны концептуальные основы эколого-экономического контроллинга, связывающего углеродные свойства почв и стратегии рыночных агентов, онтологическая модель землеустройства и подход к оптимизации институционального дизайна эколого-экономических регуляторов в контексте карбоновой инвестиционной реальности.

В частности, проведен экономико-институциональный анализ установленного порядка земле- и природопользования и ценообразования в современных рыночных условиях. Для объяснения механизма изъятия экономической ренты определена дифференциальная пространственная экономическая рента первого и второго рода. При этом в качестве рентообразующих факторов для ренты первого рода рассматриваются природные причины, для второго – монопольная власть крупных бенефитных групп и иные институциональные и пространственно-связанные причины. Таким образом, сегодня монетизация экосистемных услуг (по сути, замененная монетизацией рыночной власти) заключается в переводе земельных (в целом природных) ресурсов в актив с низкой ликвидностью, оставляя нерешенной проблему, как установления справедливой цены природного капитала, так и легитимной привязки ценника к экосистемным услугам, делая актуальным вопрос создания альтернативы.

Проведен анализ связи экологических и финансовых показателей ресурсоемких предприятий в системе действующих институтов. Показано, что стимулирующее влияние может оказать рынок зеленых облигаций и иных ценных бумаг. В то же время в существующих институциональных условиях рыночная стоимость акций, по сравнению с прибылью, в меньшей степени зависит от экологической ориентации компании. Поэтому необходим иной альтернативный подход к составу и оптимизации рыночных регуляторов

и выстраиванию институционального дизайна. Институционально продвинутый стандарт (типа ESG) вкуче с пространственными экстерналиями, безусловно, станет важнейшим регулятором результативности транзакций в отраслях с высокой природоемкостью и в проектах землепользования. Вопрос заключается в том, на кого он будет работать?

В части монетизации экосистемных услуг разработана итерационная модель экономической оценки изменения режима землепользования, состоящая из базовой и частных задач. Частные задачи применяются для учета «зеленых» счетов, базирующихся на стоимостной оценке эколого-экономического ущерба. Для решения базовой логико-вероятностной задачи используется теоретическая модель Диксита-Стиглица (для сопряженного учета финансового результата и полезности в условиях равновесия отрасли с высокой природоемкостью) с социальной ставкой дисконтирования. Используется портфель коммерческих и социальных брендов. Последние институционально сопряжены как с экосистемными услугами и учетом полезности, так с настройкой нового порядка хозяйствования. Социальные бренды посредством социальных платформ создают определенный смысловой контекст в отношении природного капитала и действующих коммерческих брендов. В соответствии с климатической повесткой и ESG-принципами обществу посредством механизма социальных брендов предлагается новый формат взаимодействий, когда структура социальных брендов становится приоритетной по отношению к производственной структуре экономики.

Для оценки карбонового риска используется формализм статистической механики, который позволяет вычислять вероятность локальной нестабильности состояний исследуемых социальных геосистем. Верификация модели проведена по данным регионов СЗФО. Получена значимая достоверная связь между величинами экологического ущерба, нанесенного природной среде, в результате хозяйственной деятельности на территории региона, и социальной ставкой дисконтирования.

В рамках решения базовой задачи проведена типология подходов к моделированию монетизации экосистемных услуг, в основу которой положено фундаментальное понимание онтологии транзакций

и осуществлена концептуализация сущности и формализация микро-, макроэкономического и локального равновесия в контексте рационального земледелия. Разработана сценарно-вероятностная модель долгосрочного управления компанией, ориентированная на различные стратегические цели агента и региона, учитывающая изменяющееся во времени положение дел в компании, динамику углеродных показателей и состояния отраслевого рынка. Алгоритм апробирован на примере опытных участков модельного полигона в системе реальных экономических рыночных отношений (с использованием бухгалтерских балансов агро- и лесозаготовительных предприятий). Имитационное моделирование показало существенное возрастание инвестиционных рисков. Углеродный бюджет экосистемы и эмиссия/сток CO_2 влияют на экономические решения, только если институционально включить режим карбоновой экономики в процесс инвестирования. Сегодня в связи со складывающейся ситуацией на рынках экологические инвестиции приводят к значительному и продолжительному ухудшению корпоративных финансовых показателей. Это связано как с неопределенными позициями рынка и действиями правительства, так и с пессимистическим настроением предпринимателей при оценке инвестиционного риска.

Показано, что разнообразие углеродных свойств опытных участков является значимым с точки зрения выбора рыночной траектории развития агента, а институциональное внедрение измерения углеродного следа сильно отражается как на финансовой устойчивости агента, так и на геоэкономической стратегии региона, в части сбалансированного обеспечения экономической, продовольственной и экологической безопасности страны и ее регионов. Поэтому диверсификация почв, ландшафтов, но самым главным образом режима хозяйствования в регионе создаст мозаику разнообразных зон с разным углеродным следом. По этой причине требуется постоянный карбоновый мониторинг по всем функциональным зонам региона, определяемым в первую очередь по режиму хозяйственной деятельности и принятия по каждой из зон соответствующего решения.

Разработана организационно-институциональная модель порядка землепользования в современных рыночных условиях. Сделан вывод, что для накопления институционального капитала нового

землеустройства в контексте обеспечения геоэкономической субъектности региона требуется системная работа по снижению дефицита компетенций и формированию интеллектуальной системы управления, ориентированной на накопление институционального капитала, монетизируемого в рамках новой экономики и нового землеустройства, а также институциональный дизайн рыночных механизмов, который должен учитывать баланс институтов (формальных и неформальных, экстрактивных и инклюзивных) и баланс процессов бюрократизации и самоорганизации общества, компетентно выстраивая взаимодействия государственного, частного, монопольного и общественного секторов на основе правильных стимулов. Задача контроллинга заключается в удержании правильных стимулов посредством укрепления формального порядка, осуществляемого в соответствии со стратегическими целями через расширение сферы государственного вмешательства (интервенция вширь) и усиление роли государства в регулируемых сферах (интервенция вглубь), не допуская провалов институционального капитала при переводе землеустройства в новую инвестиционную реальность. За счет данных действий земледелие сможет перейти из роли пассивного фактора в долгосрочный, позитивно влияющий на экономику региона. В то же время именно поле конкуренции компетенций в сфере действия регуляторов и соответствующая оптимизация дизайна рыночных регуляторов на самом деле определяет выбор *либеральной* или *левой* версии климатической повестки.

Разработан подход по оптимизации дизайна эколого-экономических регуляторов землепользования в соответствии с новой инвестиционной реальностью, а также методика формирования онтологической модели карбонового землеустройства. Вследствие выстраивания релятивистской картины экономического мира наряду с соответствующим семантическим описанием структуры природно-экономических отношений как основы онтологических моделей, обеспечивающих семантическую интероперабельность информационных ресурсов, требуются также динамические модели (алгоритмы) для автоматизированной интерпретации и обработки информации как динамичных интеллектуальных средств. С использованием предложенного теоретического подхода разработана

концепция системы управления с переменной структурой для группы режимов землепользования в контексте переформатирования землеустройства в строгом соответствии как с районированием, так и зонированием территории – с учетом выделения функциональных зон: промышленных, селитебных и т. д.

В качестве прикладного значения выполненной работы являются рекомендации о формировании концептуальных основ экспертно-информационной мониторинговой системы, способной не только достичь глубины фундаментальных противоречий структуры социально-природных отношений, но и составить длинные прогнозы. Она рассматривается как вклад в создание национальной системы подсчета углеродного баланса и формирования своевременных легитимных институциональных решений. При этом рекомендуется добавить в методологические и методические основы формирования региональной сети тестовых полигонов как основного инструмента научного, информационного и инновационного обеспечения для оценки и управления, также организационно-институциональные меры по обеспечению компетенции регионального правительства и агентов, защите ареала компетенций как в отношении портфеля коммерческих брендов (включая права промышленной собственности) и финансовой устойчивости агента, так и стратегического портфеля региона. В частности, в данную систему должны входить карбоновые полигоны (участки для отработки технологий контроля над производством и поглощением парниковых газов), карбоновые фермы (ландшафты или отдельные территории, где в больших объемах поглощается углекислый газ) и другие элементы в строгом соответствии как с районированием, так и зонированием территории.

Предложен аналитический инструмент – экономико-природный барометр, показывающий с помощью инфорграфических моделей состояние и сдвиг фундаментальных характеристик природных и социальных геосистем. При этом большое значение имеет сопряжение эволюционных темпо-ритмик развития данных систем. В качестве фундаментальных характеристик социальных геосистем выступают «рента» и «энтропия» (определяющая социальную ставку дисконтирования), природных (земельно-почвенных)

систем – баланс и эмиссия углерода (генетические характеристики почвенных и фито процессов в условиях типичной географо-климатической зоны). Сравнение показателей с критическими (пороговыми) показателями воспроизводства природной и социально-экономической систем в условиях действующих вызовов в целях обеспечения экономической, экологической и иной безопасности развития территории. Каждый показатель имеет встроенную индикаторную линейку, которая для выбранного периода наглядно показывает при помощи «ползунка» положение фактического значения показателя в интервале между минимальным и максимальным значениями.

Заключение

Углеродная тематика постоянно находится в фокусе внимания исследователей, является актуальной темой обширной фактологической и методической дискуссии. Выполнением данной работы присоединяемся к дискуссии, в частности, связанной с декарбонизацией экономики и карбоновым землеустройством. Для того чтобы земледелие перешло из роли пассивного фактора в долгосрочный, позитивно влияющий на экономику территории, требуется перестроить модель долгой экономики в производство и потребление общественных благ. Карбоновое земледелие в агрокомплексе и лесном хозяйстве должно и может при достаточном накоплении институционального капитала стать инструментом преодоления низкой ликвидности земельных активов и высоких торговых барьеров для углеродоемкого экспорта и межрегиональных потоков товаров. Для этого требуется учитывать и прогнозировать углеродный след в антропогенных и постаграрных экосистемах и обеспечивать легитимацию адекватных эколого-экономических регуляторов в контексте новой инвестиционной реальности. Однако для этого требуется серьезный аналитический и институциональный инструментарий, способствующий принятию обоснованного и легитимного решения в отношении установления правильного режима землепользования. В этом аспекте рассматриваются альтернативные подходы к монетизации экосистемного сервиса и соответствующие эколого-экономические концепции, используемые в меж- и трансдисциплинарных исследованиях, и анализируются эпистемологические и методологические проблемы, на основе которых предложена системная

парадигма карбонового земледелия. В рамках парадигмы разработан подход к моделированию экономической оценки изменения режима землепользования, основанный на фундаментальном понимании онтологии транзакции и интерфейса природной и социальной геосистем.

Главный вывод нашего исследования заключается в следующем: *справедливый* (в политэкономическом смысле) путь в выборе метода монетизации природного капитала и услуг земли находится исключительно в монетизации *институционального* капитала, в ином случае, играя по правилам «фиатной» экономики, приходим к очевидному результату – к низкой ликвидности и последующей деградации природы и земли.

В то же время сегодня карбоновый вызов еще недостаточно исследован как в части понимания истинной экономической ценности природного капитала и установления надлежащих финансовых стимулов, так и в части продвижения данных знаний до уровня институционального механизма и отдельных территорий. Нет и единства в методологических подходах к монетизации. Кроме того, аналитическая структура эколого-экономических исследований во всех своих рассмотренных вариантах страдает общими недостатками:

1) невосприятие категории «транзакция» как предмета исследования и управления;

2) допуск неизменности рыночной структуры с эндогенными механизмами. На природоёмких рынках установилась рыночная структура с экзогенными механизмами, когда инвестиции в ту или иную отрасль периферийной территории изначально являются плохими инвестициями, причем конкурирующими между собой и явно проигрывающими операциям крупных бенефитных групп;

3) использование при оценке монетизации услуг природы только внутренней самооценки на основе сметного подхода и отсутствие внешней рыночной оценки. Последняя реализуется на основании учета состояния агента и рынка, а также общественной оценки, причем на основании не просто регулирования процентной дисконтной ставки, а установления общественной полезности путем оптимизации институционального дизайна эколого-экономических регуляторов.

Альтернативный подход отталкивается от концепции С. Саваджа [359], суть которой состоит в том, что планирование, основанное на предыдущем опыте средних значений, оказывается в среднем

неверным. Поэтому понимание иного подхода начинается с эпистемологии основных категорий. *Рынок* – это не просто обмен товарами и услугами, а обмен, организованный, систематический и институционализированный. Он требует формирования определенной институциональной среды (правил игры), определяющей экономический порядок и форматы контрактов, предусматривающих установление частного порядка в дополнение к судебному (общему правовому) порядку. Действующее законодательство, регулирующее деятельность экономических субъектов, содержит значительное число диспозитивных норм, позволяющих разработать и внедрить такие контракты. Также оно позволяет широко использовать *адвокатирование транзакций* на основании того, что многие действия регулятора, норм законодательства в порядке правоприменения в формальной схеме «провисают». В условиях несовершенной конкуренции данное обстоятельство приобретает решающее значение и приводит к правовой инверсии в части утверждения локальной приоритетности частного порядка над общими правилами (например, как следствие пространственных экстерналий). Сегодня монетизация услуг природы осуществляется по условным логическим процедурам, которые признаются финансовым сектором при выплатах определенных компенсаций. Однако данное признание является результатом соглашений, действий институтов, априори устанавливающих природные ресурсы в качестве активов с низкой ликвидностью (в том числе и путем правовой инверсии).

Исправление выявленных недостатков осуществили на основе междисциплинарного синтеза естественно-научного и экономического категориальных стилей мышления и в трансдисциплинарности следующих научных комплексов и методов познания:

– *почвенно-биологический научный комплекс* (выявление закономерностей постагрогенной эволюции почв с выявлением экологических факторов, влияющих на величину эмиссии CO₂ и запаса углерода в почве и фитомассе);

– *мезоэкономический комплекс экономической теории* (проведение экономико-институционального анализа ценообразования и влияющих на него факторов, а также монетизации экосистемных услуг с учетом полезности в институциональном и социальном контексте; проведение инвестиционного анализа деятельности агентов

в контексте изменения режима землепользования; формирование когнитивных и организационно-институциональных моделей, минимизирующих издержки транзакций и синхронизирующих действия агентов в новой инвестиционной реальности);

– *философия науки* (определение референта познания и проведение компаративного анализа категориальных стилей мышления в целях получения оснований для перехода от долговой экономики – к реальной и от «фиатной» ликвидности – к полезности);

– *новая экономическая география* (обоснование геосистемного представления объекта управления);

– *экономическая социология*: анализ предпосылок для социального переустройства общества путем использования новых коммуникационных технологий (в частности, социальных брендов);

– *синергетика* (вычисление фундаментальных характеристик экономического пространства и расчет социальной ставки дисконтирования на основе больцмановского формализма);

– *системотехника* (проектирование сложных систем управления с переменной структурой и формирование онтологических моделей);

– *математическое и имитационное моделирование* (алгоритм монетизации экосистемных услуг на основе структурной модели экономики и теории игр при волатильности цен и инвестиционных рисках);

– *стратегический анализ* (выбор стратегии агента при изменении режимов землепользования);

– *статистический и многопараметрический анализы* (первичный анализ данных, систематизация показателей и объектов методом структурной группировки).

Свои выводы мы обосновали на платформе междисциплинарного синтеза, начав с *онтологической* модели в философском смысле и закончив *онтологической* моделью в информационном смысле, готовой для системы принятия решений (*именно так и расширяется название книги*). При этом по сути и по форме определили референт познания, сфокусировав внимание на конечной цели состояния капитала как институционального.

Для исправления выявленных недостатков традиционного метода монетизации природного капитала и раскрытия институционального капитала как предмета исследования и управления мы предприняли

определенные усилия в направлении формирования теоретических основ семантического описания сложной структуры природно-хозяйственных отношений в социальной геосистеме как основы онтологических моделей, обеспечивающих семантическую интероперабельность информационных ресурсов и автоматизированную интерпретацию, и обработку информации с целью ее эффективного использования в качестве новых интеллектуальных средств современной инженерии знаний и искусственного интеллекта.

Для этого были решены три фундаментальные исследовательские задачи. Первая задача заключалась в разработке подхода для определения вкладов и потоков CO_2 в генерации парниковых газов и необходимого объема их секвестрации. Данная работа включала в себя проведение сбора и анализа эмпирических данных, их теоретическое обобщение, моделирование свойств почв, а также типологизацию объектов (почв и ландшафтов) по критерию углеродного бюджета.

Для получения фактологического материала и верификации разрабатываемых моделей исследован углеродный след в биогеоценозах при разных режимах землепользования, а также изучены тренды трансформации элементов цикла углерода и влияния изменения режима землепользования на свойства почв и структуру экосистемных запасов углерода. В качестве объектов выбраны в пределах почвенной серии как активно используемые в настоящее время сельскохозяйугодья (пашня и сенокос), так лесные участки, представляющие собой различные стадии демулационных сукцессий (молодой, средне- и старовозрастный лес).

Вторая фундаментальная задача связана с формированием подхода к справедливой оценке природного капитала, в основу которой положено фундаментальное понимание онтологии транзакций и интерфейса социальной и природной геосистем. Были построены семантические конструкции и математические модели, адекватные сложности предполагаемых действий по управлению социальными и природными геосистемами принятия соответствующего решения в отношении режима землепользования.

Третья фундаментальная задача заключалась в создании организационных и институциональных предпосылок для эффективного накопления институционального капитала в целях управления земле-

пользованием в новой инвестиционной реальности. Были созданы как семантическое описание сложной структуры природно-хозяйственных отношений в социальной геосистеме на основе междисциплинарного синтеза экономического (в целом общественно-научного) и экологического (в целом естественнонаучного) мышления, так и онтологические и иные модели, которые обеспечили семантическую интероперабельность информационных ресурсов и автоматизированную интерпретацию, и обработку информации с целью ее эффективного использования в качестве новых интеллектуальных средств современной инженерии знаний и искусственного интеллекта.

В итоге предложен системный подход к исследованию функций природной и социальной геосистем и их когнитивной связи, систематизирован и сформирован математический формализм экономики землепользования и предложена комплексная модель монетизации экосистемных услуг, учитывающая инвестиционные риски и общественную полезность, а также разработаны концептуальные основы эколого-экономического контроллинга, связывающего углеродные свойства почв и стратегии рыночных агентов, онтологическая модель землеустройства и подход к оптимизации институционального дизайна эколого-экономических регуляторов в контексте карбоновой инвестиционной реальности.

В рамках контроллинга в качестве объекта управления (и соответственно настоящего исследования) выступает (выделяемая в рамках зонирования и районирования территории) сложная геосистема, включающая как однородные природно-территориальные комплексы с одинаковыми геологическим фундаментом, мезоформами рельефа и климатом (природная геосистема), так и промышленно-территориальные и иные региональные комплексы, функционирующие в едином институциональном и социальном климате (социальная геосистема).

В отношении агента, функционирующего в разных режимах землепользования, проработана методологическая основа постановки задач устойчивости: функциональности почвенной системы и инвестиционной прогнозируемости сектора с плохой (с точки зрения финансовой устойчивости) репутацией и неопределенным будущим, ориентированным на декарбонизацию как геополитической установки (*Часть 1*), а также осуществлены постановки задач устойчивости:

– производственного решения в контексте углеродной динамики в рамках установленной типологии объектов. В этой связи определена матрица контроллинга, отражающая устойчивость экосистемных функций, представляющая иерархизованную систему показателей текущего состояния (погода, технологии), функциональности (потoki углерода, геометрия почвы (почвенного пространства)¹), структурности (тип почвы, режим землепользования, запасы углерода) (показатели определены в *Части 2*);

– инвестиционного решения в зависимости от режима землепользования и будущих рисков; а также в части ответа на вопрос, насколько устойчиво инвестиционное решение в контексте установленной углеродной типологии объектов (*Часть 3*).

Учитывая результаты задач устойчивости, утверждаем: разнообразие углеродных свойств земель (почв) является значимым с точки зрения выбора рыночной траектории развития агента. При этом институциональное внедрение измерения углеродного следа сильно отражается как на финансовой устойчивости агента, так и на геоэкономической стратегии региона, в части сбалансированного обеспечения экономической, продовольственной и экологической безопасности страны и ее регионов. Поэтому диверсификация почв, ландшафтов, но самым главным образом режима хозяйствования в регионе создает мозаику разнообразных зон с разным углеродным следом. По этой причине требуется постоянный карбоновый мониторинг по всем функциональным зонам региона, определяемым в первую очередь по режиму хозяйственной деятельности и принятия по каждой из зон соответствующего рыночного решения.

Сегодня происходит переход к новому технологическому укладу – интеллектуальной экономике как экономической деятельности, основанной на искусственном интеллекте и новых коммуникационных технологиях, деформирующих структуру социальных отношений и природо-социальных взаимодействий. Поэтому важным аспектом

¹ Термин используется в смысле определяющей роли почвенной структуры в формировании плодородия и управлении качеством окружающей среды, как это показано в ряде работ [353–356], а также в том смысле, что оценка изменения структурной организации почв востребована для формирования индикаторов функций почв в экосистемах [162–164], в частности, секвестрации углерода в почве [353, 357].

для интеллектуального управления, определяющего переход к новому технологическому укладу, является управление интеллектом социума, его компетенциями (в смысле новой экономики), для чего используются такие компоненты, как оптимизация институционального дизайна эколого-экономических регуляторов с активным применением коммуникационных технологий (включая социальные бренды), деформирующих структуру социальных отношений и природо-социальных взаимодействий. Обеспеченная (на основе учета институционального капитала и оптимального дизайна эколого-экономических регуляторов) устойчивость экономических решений позволяет достичь накопления и рационального использования *институционального* капитала, что позволяет в свою очередь сократить инвестиционные риски и транзакционные издержки и повысить в целом эффективность хозяйственной деятельности (однако в пределах ареала компетенций, обеспеченного оптимальным дизайном эколого-экономических регуляторов).

Хотя представленный подход не отражает фундаментальности существующих биологических парадигм, тем не менее, он посредством системотехники позволяет выстроить методологию и схему управления, в которой в категории кластерного брендинга (как уже апробированного организационно-институционального инструмента управления региональным развитием) объединяются коммерческие и социальные бренды. При этом в него внедряется и учет экосистемных услуг с точки зрения социокультурных потребностей общества, и карбоновый мониторинг (легитимность результатов которого неизбежно повлияет на величину карбонового налога и компенсационных квот, предназначенных для продажи), и производится оптимизация институционального дизайна сбалансированных эколого-экономических регуляторов, обеспечивающих альтернативное ценообразование и изменение ситуации в пользу неликвидных отраслей (сельское хозяйство) на базе новой легитимизации интерфейса между социальной и природной геосистемами и посредством механизма социальных брендов.

Таким образом представили **карбоновый вектор** (*от философского до информационного смыслов*) **онтологической модели экономики землеустройства**, а также соответствующую когнитивную схему познания и управления сложным природо-хозяйственным объектом.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1. Морфологическое описание почв (н/п Эссойла)






Горизонт	Глубина, см	Цвет (Munsell)	Плотность	Структура	Включения	Почва	Фото
Пашня (саргофель)							
P1	0–24	10YR 4/4	рыхлый	мелко-комковатая	единичные галька и валуны	Агростратозем гумусовый артистратифицированный на поребном подзоле песчаный на песчаной морене	
P2	24–44	10YR 4/4	уплотнен	1-го порядка глыбистая, 2-го порядка мелкокомковатая	единичная галька		
RYrr	44–75	10YR 3/4 + 10YR 2/1	плотный	комковато-глыбистая	угольки по всей толще		
E	75–85	10YR 6/2 + 10YR 4/3	уплотнен	непрочная-плитчатая	угольки в верхней части		
BF	85–96	10YR 6/8	уплотнен	1-го порядка плитчатая, 2-го порядка мелкокомковатая	единичная галька		
C	96–100	10YR 6/4	рыхлый	мелкоглыбистая	единичные валуны		
Сенокос (дуг злаково-разнотравный)							
d	0–3	10YR 4/3	уплотнен	–	–	Агрозем альфегумусовый иллювиально-железистый песчаный на песчаной морене	
P1	3–20	10YR 4/3	уплотнен	мелко-комковатая	единичные галька и валуны		
P2	20–38	10YR 4/6	уплотнен	мелко-комковатая	дресва, галька, единичные крупные валуны		
BF	38–49	10YR 5/6 + 10YR 3/1	уплотнен	бесструктурный	единичные камни		
C	49–100	10YR 5/4	рыхлый	бесструктурный	единичные валуны		



Таблица 2. Морфологическое описание почв (г. Петрозаводск)

Горизонт	Глубина, см	Цвет (Munsell)	Плотность	Структура	Включения	Почва	Фото
Пашня (каргофель)							
P1	0–18	2.5Y 4/4	рыхлый	ореховато-комковатая	единичный щебень	Агрозем текстурно-дифференцированный типичный среднесуглинистый на суглинистой морене	
P2	18–35	2.5Y 4/4	уплотнен	1-го порядка мелколыбистая, 2-го порядка комковатая	щебень, единичные камни		
BT	35–51	2.5Y 3/2	плотный	ореховато-призматическая	кутаны илловирования, единичный щебень		
BC	51–68	10YR 5/4	плотный	ореховатая	много дресвы, щебня		
C	68–100	10YR 5/4	плотный	ореховатая	много щебня, единичные камни		
Сенокос (луг злаково-разнотравный)							
d	0–5	10YR 4/3	уплотнен	–	–	Агродерново-подзолистая типичная легкосуглинистая на суглинистой морене	
P	5–20	10YR 4/3	уплотнен	мелкокомковатая	единичные угольки		
BE1	20–33	10YR 6/2 +10YR 5/2	плотный	1-го порядка призматическая, 2-го порядка плитчатая	единичный щебень		
BT	33–58	10YR 5/2 +10YR 4/6	плотный	ореховатая	кутаны илловирования, единичный щебень		
C	58–100	10YR 5/4 +10YR 4/6	плотный	плитчатая	щебень, дресва, единичные крупные камни		

20-летний березняк злаково-разнотравный

Р	0–29	10YR 3/2	рыхлый	непрочно-мелкокомковатая	единичные крупные камни		Агродерново-подзолистая типичная легкосуглинистая на суглинистой морене
ВЕL	29–37	10YR 5/1 +10YR 5/6	уплотнен	плитчатая	единичный щебень		
ВТ	37–57	10YR 5/6 +10YR 6/2	уплотнен	1-го порядка плитчатая, 2-го порядка ореховатая	кутаны иллювирувания, валуны, щебень, дресва		
С	57–100	10YR 5/3 +10YR 4/2	плотный	плитчатая	щебень, дресва, гравий, валуны		

65-летний ельник кисличный

О	0–1	10YR 2/2	рыхлый	–	–		Дерново-подзолистая постагрогенная легкосуглинистая на суглинистой морене
АУ	1–7	10YR 3/4	рыхлый	непрочно-комковатая	–		
АУра	7–17	10YR 4/4	рыхлый	непрочно-комковатая	единичный щебень		Дерново-подзолистая постагрогенная легкосуглинистая на суглинистой морене
ЕL	17–25	10YR 5/4 +10YR 6/2	уплотнен	мелкоплитчатая	единичный щебень		
ВТ	25–41	10YR 4/6-6/4	плотный	1-го порядка плитчатая, 2-го порядка ореховатая	единичная дресва		
ВС	41–68	2.5Y 5/4 +2.5Y 4/4	очень плотный	плитчатая	единичный щебень		
С	68–100	2.5Y 7/2	очень плотный	–	–		

Окончание табл. 2




Горизонт	Глубина, см	Цвет (Munsell)	Плотность	Структура	Включения	Почва	Фото
110-летний ельник чернично-кисличный (контроль)							
О	0-6	10YR 2/2	рыхлый	—	—		
ЕL	6-16	10YR 6/2 +10YR 5/2	рыхлый	плигчатая	единичный щебень		
BT	16-32	10YR 5/4	уплотнен	непрочно-ореховатая	единичный щебень, дресва	Подзолистая типичная легкосуглинистая на суглинистой морене	
BC	32-50	10YR 6/4	уплотнен	непрочно-ореховатая	единичный щебень		
C	50-100	10YR 6/2 +10YR 5/3	плотный, слитой	1-го порядка плигчатая, 2-го порядка ореховатая	много щебня, камни		

Таблица 3. Морфологическое описание почв (н/п Толвуя)

Горизонт	Глубина, см	Цвет (Munsell)	Плотность	Структура	Включения	Почва	Фото
Пашня (козлятник восточный)							
d	0–5	7.5YR 3/0	рыхлый	–	–	Агрогумусовая темнопрофильная легкосуглинистая на шунгитовой морене	
P1	5–18	7.5YR 3/0	рыхлый	комковато-порошистая	единичные щебень, дресва, обломки шунгита		
P2	18–30	7.5YR 3/0	уплотнен	комковатая	единичные щебень, дресва, обломки шунгита		
AУ	30–50	7.5YR 5/0 +7.5YR 2/0	плотный	1-го рядка мелко-плитчатая, 2-го рядка мелко-комковатая	щебень, дресва, обломки шунгита		
Cu	50–100	7.5YR 4/0 +7.5YR 5/0	очень плотный	1-го рядка плитчатая, 2-го рядка мелко-комковатая	много щебня, дресвы, обломки шунгита		
Сенокос (луг злаково-разнотравный)							
d	0–8	7.5YR 3/2	уплотнен	–	–	Агрогумусовая темнопрофильная легкосуглинистая на элювии шунгитовых сланцев	
P	8–25	7.5YR 3/2	уплотнен	непрочной-комковатая порошистая	единичные щебень, дресва, обломки шунгита		
AУ	25–40	7.5YR 2/0	плотный	непрочной-комковатая порошистая	щебень, дресва, обломки шунгита		
Cu	40–65	7.5YR 2/0	очень плотный	мелко-комковатая порошистая	обломки шунгита до 80 % горизонта		
Mu	65–100	7.5YR 2/0	шлачная порода	–	–		




Горизонт	Глубина, см	Цвет (Munsell)	Плотность	Структура	Включения	Почва	Фото
17-летний ольшаник злаково-разнотравный							
O	0–1.5	7.5YR 4/2	рыхлый	–	–	Литозем серогумусовый темнопрофильный очень сильно скелетный легкоуглинистый на элювии пунгитовых сланцев	
AУ	1.5–14	7.5YR 4/2	плотный	бесструктурный	обломки пунгита до 70 % горизонта		
Сu	14–40	7.5YR 4/2	очень плотный	бесструктурный	обломки пунгита до 90 % горизонта		
Mu	40–100	7.5YR 4/2	плотная порода	–	–		
70-летний сосняк разнотравно-кустарничковый							
O	0–2	7.5YR 3/2	рыхлый	–	–	Серогумусовая темнопрофильная постарогенная средне-скелетная легкоуглинистая на элювии пунгита	
AУ	2–20	7.5YR 3/2	плотный	непрочно-мелкокомковатая	обломки пунгита		
AУра	20–45	7.5YR 3/2 +7.5YR 2/0	плотный	бесструктурный	обломки пунгита до 70 % горизонта		
Сu	45–100	10YR 3/2	уплотнен	бесструктурный	обломки пунгита до 50 % горизонта		
70-летний сосняк чернично-брусничный (контроль)							
O	0–6	7.5YR 3/0	рыхлый	–	–	Серогумусовая темнопрофильная сильно скелетная легкоуглинистая на пунгитовых сланцах	
AУ1	6–24	7.5YR 2/0	рыхлый	бесструктурный	обломки пунгита до 30 % горизонта		
AУ2	24–48	7.5YR 2/0	плотный	комковато-поросистая	обломки пунгита и щебень		
Mu	48–100	7.5YR 2/0	плотная порода	–	–		

Таблица 4. Характеристика видовой состава напочвенного покрова ключевых участков

Почвы	Участок	Видовой состав
	Пашня	Картофель
	Луг злаково-разнотравный	Доминантами напочвенного покрова являлись <i>Phleum pratense</i> L. (40 % проективного покрытия), <i>Dactylis glomerata</i> L. (25 %) и <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski (15 %). Из видов разнотравья преобладали <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm., <i>Vicia cracca</i> L., <i>Galium album</i> Mill., <i>Trifolium pratense</i> L. и <i>T. repens</i> L. и др. виды. Всего проективное покрытие травяного яруса составляло 100 %. Из видов мхов встречены <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt. и <i>Rhodobryum roseum</i> (Hedw.) Limpr.
Альфиты	Ольшаник злаково-разнотравный 15 лет	Участок характеризовался слабым развитием напочвенного покрова, покрытие травяно-кустарничкового яруса составляло 20 %. Из видов растений наиболее обильны <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth, <i>Ornithila secunda</i> (L.) House, <i>Fragaria vesca</i> L. и <i>Equisetum pratense</i> Ehrh. Наземные виды мохово-лишайникового яруса отсутствуют
Гумусовые	Сосняк разнотравный 65 лет	Участок отличался наличием в напочвенном покрове двух растительных микрогруппировок: 1) с преобладанием <i>Vaccinium myrtillus</i> L. и <i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) Н. Р. Fuchs и 2) с преобладанием <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn и <i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer. Четыре перечисленных вида наравне участвовали в сложении напочвенного покрова. Меньшим обилием обладали <i>Oxalis acetosella</i> L., <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L., <i>Trientalis europaea</i> L. и др. виды. Общий видовой состав сосудистых растений насчитывает 13 видов. Моховой покров практически отсутствует (1 %)
	Сосняк брусничный 130 лет	Всего в составе напочвенного покрова обнаружено девять видов сосудистых растений, среди которых преобладает <i>Vaccinium myrtillus</i> и <i>V. vitis-idaea</i> . Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляло 60 %, мохово-лишайникового – 80 %

Почвы	Участок	Видовой состав
	Пашня	Картофель
	Луг злаково-разнотравный	В луговом сообществе общее проективное покрытие видами напочвенного покрова достигает 90 %. Доминантом напочвенного покрова является <i>Dactylis glomerata</i> . Заметно участие <i>Alchemilla vulgaris</i> L. Обилие остальных видов (<i>Lathyrus pratensis</i> L., <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim., <i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg. и др.) незначительно
	Березняк злаково-разнотравный 20 лет	Общее проективное покрытие напочвенного покрова участка составляет 40 %. Доминантом является <i>Salicagrostis arundinacea</i> . Покрытие других видов незначительно, но в целом видовой состав данного лесного сообщества свидетельствует как о богатстве местообитания (<i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Dryopteris carthusiana</i> , <i>Pyrula rotundifolia</i> L., <i>Veronica chamaedrys</i> L. и др.), так и о недавнем использовании участка в качестве сельхозугодья (<i>Vicia cracca</i> , <i>Rumex acetosa</i> L.). Моховой покров слабо развит (10 %)
Текстурно-дифференцированные	Ельник кисличный 65 лет	Участок обладает высокой сомкнутостью древесного полога (80 %) и слабым развитием напочвенного покрова. Общее проективное покрытие составляло 20 %, покрытие опада достигало 95 %. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают <i>Oxalis acetosella</i> (15 %) и <i>Dryopteris carthusiana</i> (10 %), обилие других видов (<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth., <i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newm., <i>Solidago virgaurea</i> L., <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Orthilia secunda</i> и др.) незначительно. Проективное покрытие мохово-лишайникового яруса составляет всего 5 % (<i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Dicranum scoparium</i> Hedw., <i>Rhodobryum roseum</i> и др.)
	Ельник чернично-кисличный 110 лет	Участок характеризуется высоким проективным покрытием <i>Vaccinium myrtillus</i> (40 %). Также в напочвенном покрове заметно участие <i>Oxalis acetosella</i> (15 %), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (10 %) и <i>Avenella flexuosa</i> (7 %). Из мхов преобладают <i>Pleurozium schreberi</i> (20 %) и <i>Sphagnum girgensohnii</i> Russow (15 %). Были отмечены следующие виды: <i>Polytrichum commune</i> Hedw., <i>Ptiliumcrista-castrensis</i> (Hedw.) De Not., <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.

<p>Пашня</p>	<p>Пашня представляла собой севооборот картофеля и сидератов (козляника восточного). Описание проводилось в год посева сидератов. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 100 %. Всего отмечено 40 видов сосудистых растений. Преобладают злаки (<i>Elytrigia repens</i>, <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv., <i>Dactylis glomerata</i> и др.) и <i>Galega orientalis</i> Lam. (30 %). Из видов разнотравья произрастали <i>Vicia cracca</i>, <i>Achillea millefolium</i> L., <i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser, <i>Linaria vulgaris</i> Mill., <i>Trifolium pratense</i></p>
<p>Луг злаково-разнотравный</p>	<p>Доминантами напочвенного покрова являлись <i>Phleum pratense</i> (30 % проективного покрытия), <i>Dactylis glomerata</i> (20 %), <i>Elytrigia repens</i> (20 %) и <i>Urtica dioica</i> L. (20 %). Из видов разнотравья отмечены <i>Vicia cracca</i>, <i>Anthriscus sylvestris</i>, <i>Rumex confertus</i> Willd., <i>Taraxacum officinale</i>, <i>Heracleum sosnowskyi</i> Mandenp. и др. виды. Всего проективное покрытие травяного яруса составляло 100 %. Мохово-лишайниковый ярус отсутствовал</p>
<p>Ольшаник злаково-разнотравный 17 лет</p>	<p>Всего было обнаружено 36 видов сосудистых растений. Проективные травяно-кустарничкового яруса составляло 40 %. Преобладали следующие виды: <i>Deschampsia cespitosa</i>, <i>Fragaria vesca</i>, <i>Milium effusum</i> L., <i>Hieracium umbellatum</i> L. Проективные мхов не превышало 2 % (<i>Plagiothecium</i> sp., <i>Rhytidadelphus triquetrus</i>, <i>Pleurozium schreberi</i>)</p>
<p>Сосняк разнотравно-кустарничковый 70 лет</p>	<p>Всего в травяно-кустарничковом ярусе было отмечено 49 видов сосудистых растений. Доминантами являлись <i>Dactylis glomerata</i> (20 %), <i>Rubus idaeus</i> L. (15 %), <i>Geranium sylvaticum</i> L. (10 %). Из остальных видов с заметным участием в напочвенном покрове можно отметить <i>Anthriscus sylvestris</i>, <i>Fragaria vesca</i>, <i>Rubus saxatilis</i> L., <i>Oxalis acetosella</i>, <i>Vaccinium myrtillus</i>, <i>Avenella flexuosa</i>, <i>Veronica chamaedrys</i> L. и др. Проективные мохового покрова составляло 30 % (<i>Rhytidadelphus triquetrus</i>, <i>Hylocomium splendens</i>, <i>Pleurozium schreberi</i> и др.)</p>
<p>Сосняк разнотравно-кустарничковый 70 лет</p>	<p>Всего в составе напочвенного покрова обнаружен 31 вид сосудистых растений, среди которых преобладали <i>Vaccinium myrtillus</i>, <i>Convallaria majalis</i> L., <i>Avenella flexuosa</i>, <i>V. vitis-idaea</i>. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса составляло 70 %, мохово-лишайниковый ярус отсутствовал. На пробной площади обнаружены следы пожара</p>

Литература

1. Food Security and Soil Quality / Eds. Lal R. A. S., Stewart B. A. – Abingdon: Taylor and Francis, 2010.
2. Decoupling Natural Resource use and Environmental Impacts from Economic Growth // UNEP. URL: <https://www.unep.org/resources/report/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth> (дата обращения: 09.10.2020).
3. Conrad E., Cassar L. F. Decoupling Economic Growth and Environmental Degradation: Reviewing Progress to Date in the Small Island State of Malta // Sustainability. – 2014. – N 6. – P. 6729–6750.
4. De Fries R. S., Rudel T., Uriarte M., Hansen M. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century // Nature Geoscience. – 2010. – N 3. – P. 178–181.
5. Daly H. E. Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development. – Boston: Beacon Press, 1996.
6. Иванов А. Ю., Дурманов Н. Д., Орлов М. П. и др. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 120 с.
7. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the soil protection of soil and amending // European Commission. Directive 2004/35/EC, COM, 231. 2006. – URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52006PC0232> (дата обращения: 20.02.2021).
8. Бузгалин А. В. Закат неолиберализма (к 200-летию со дня рождения Карла Маркса) // Вопросы экономики. – 2018. – № 2. – С. 122–141.
9. Зражеская О. В. Марксистская политэкономия и вопросы сохранения окружающей среды и рационального природопользования // Вопросы

политической экономики. – 2020. – № 4. – С. 163–175. DOI: 10.5281/zenodo.4423037.

10. Desai B. H., Sidhu B. K. Striving for Land-Soil Sustainability: Some Legal Reflections // *International Yearbook of Soil Law and Policy* / Eds. Ginzky H., Heuser I., Qin T., Ruppel O., Wegerdt P. – Cham: Springer, 2017. – P. 37–45. DOI: 10.1007/978-3-319-42508-5_6.

11. Johnson K. et al. Uncertainty in ecosystem services valuation and implications for assessing land use tradeoffs: An agricultural case study in the Minnesota River Basin // *Ecological Economics*. – 2012. – N 79. – P. 71–79. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2012.04.020.

12. UNEP. Decoupling Natural Resource use and Environmental Impacts from Economic Growth. – URL: <https://www.unep.org/resources/report/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth> (accessed: 9-Oct-2020).

13. Quillérou E., Thomas R. Costs of land degradation and benefits of land restoration: a review of valuation methods and suggested frameworks for inclusion into policy-making // *CAB Review*. – 2012. – N 7(060). – P. 1–12.

14. Baveye P. C. Grand challenges in the research on soil processes // *Frontiers in Environmental Science*. – 2015. – N 3. – P. 10. DOI: 10.3389/fenvs.2015.00010.

15. Recommendations of the Conference of European statisticians for measuring sustainable development. – United Nations. New York and Geneva: Organization for economic cooperation and development and the statistical service of the European Union – Eurostat, 2014.

16. Фуруботн Э. Г., Рихтер Р. Институты и экономическая теория. Достижения новой институциональной теории. – СПб.: ИД СПбГУ, 2005. – 702 с.

17. Group of Ten «Report on consolidation in the financial sector», January 2001. – URL: <http://www.imf.org/external/np/g10/2001/01/eng/pdf/file1.pdf>.

18. The concept of systemic risk. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/fsr/art/ecb.fsrart200912_02.en.pdf?39462a69bb594e9a7f14091c0085c132.

19. Гидденс Э. Судьба, риск, безопасность // *THESIS*. – 1994. – № 5. – С. 107–134.

20. Бек У. Общество риска на пути к другому модерну. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – С. 21.

21. Adger W. N. Social and ecological resilience: are they related? // *Progress in Human Geography*. – 2000. – N 24(3). – P. 347–364. DOI: 10.1191/030913200701540465.

22. Adger W. N. Ecological and social resilience / Eds. Atkinson G., Dietz S. and Neumayer E. *Handbook of Sustainable Development*. – Elgar: Cheltenham, 2007. – P. 78–90.
23. Holling C. S. Resilience and Stability of Ecological Systems // *Annual Review of Ecological Systems*. – 1973. – N 4. – P. 1–24.
24. Holling C. S. The Resilience of Terrestrial Ecosystems: Local Surprise and Global Change / Eds. Clarck W. C. and Munn R. E. *Sustainable Development of the Biosphere*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1986. – P. 292–317.
25. Reggiani A., De Graaff T., Nijkamp P. Resilience: An evolutionary approach to spatial economic systems // *Networks and Spatial Economics*. – 2002. – N 2. – P. 211– 229. DOI: 10.1023/A:1015377515690.
26. Perrings C. Ecological Resilience in the Sustainability of Economic Development // *International Symposium on “Models of Sustainable Development”*. – Paris, 1994. – Vol. II. – P. 27–41.
27. Fan S., Gloor M., Mahlman J., Pacala S., Sarmiento J., Takahashi T., Tans P. A large terrestrial carbon sink in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models // *Science*. – 1998. – Vol. 282. – P. 442–446.
28. Hooker T. D., Compton J. E. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment // *Ecological applications*. – 2003. – Vol. 13, N 2. – P. 299–313.
29. Pacala S. W., Hurtt G. C., Baker D. et al. Consistent land- and atmosphere-based U.S. carbon sink estimates // *Science*. – 2001. – Vol. 292. – P. 2316–2320.
30. Silver W. L., Osterlag R., Lugo A. E. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands // *Restor. Ecology*. – 2000. – Vol. 8. – P. 394–407.
31. Pan Y., Birdsey R. A., Fang J. et al. A large and persistent carbon sink in the world’s forests // *Science*. – 2011. – Vol. 19. – P. 988–993.
32. Ciais P., Canadell J., Luysaert S. et al. Can we reconcile atmospheric estimates of the Northern terrestrial carbon sink with land-based accounting? // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. – 2010. – Vol. 2. – P. 225–230.
33. Gurney K. R., Law R. M., Denning A. S. et al. CO₂ inversion intercomparison: 1. Annual mean control results and sensitivity to transport and prior flux information // *Tellus, Series B: Chemical and Physical Meteorology*. – 2003. – Vol. 55(2). – P. 555–579.
34. Курганова И. Н., Кудеяров В. Н. Возможен ли значительный положительный дисбаланс круговорота углерода (сток) на территории России // *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*. – 2015. – Т. 6, № 1(11). – С. 32–35.

35. The Changing Wealth of Nations 2018: Building a Sustainable Future / Eds. Lange G.-M., Wodon Q., Carey K. – Washington DC: World Bank Group, 2018. – 255 p.

36. Хаберлер Г. Процветание и депрессия: Теоретический анализ циклических колебаний. – Челябинск: Социум, 2008. – 402 с.

37. Заварзин Г. А., Кудеяров В. Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. – 2006. – Т. 76. – С. 14–29.

38. Курганова И. Н., Кудеяров В. Н. Экосистемы России и глобальный бюджет углерода // Наука в России. – 2012. – № 5(191). – С. 25–32.

39. Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В. Агропочвоведение. – М.: КолосС, 2003. – 528 с.

40. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н. Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. – 1995. – № 1. – С. 21–32.

41. Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Мякшина Т. Н. и др. Эмиссия CO₂ из почв различных экосистем южно-таежной зоны: анализ данных непрерывных 12-летних круглогодичных наблюдений // Доклады АН. – 2011. – Т. 436, № 6. – С. 843–846.

42. Курганова И. Н., Кудеяров В. Н. Экосистемы России и глобальный бюджет углерода // Наука в России. – 2012. – № 5(191). – С. 25–32.

43. Friedlingstein P., O'Sullivan M., Jones M. et al. Global Carbon Budget 2020 // Earth System Science Data. – 2020. – Vol. 12, N 4. – P. 3269–3340. DOI: 10.5194/essd-12-3269-2020.

44. Юркевич М. Г. Круговорот углерода в естественных и антропогенно измененных таежных экосистемах // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2017. – № 4(165). – С. 96–100.

45. Davidson E. A., Ackerman I. L. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils // Biogeochem. – 1993. – Vol. 20. – P. 161–193.

46. Post W. M., Mann L. K. Changes in soil organic carbon and nitrogen as a result of cultivation // Soils and the Greenhouse Effect. – John Wiley & Sons, New York, 1990. – P. 401–406.

47. Кирюшин В. И., Ганжара Н. Ф., Кауричев И. С. и др. Концепция оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах. – М.: Изд-во ТСХА, 1993. – 99 с.

48. Goryachkin S. V., Cherkinsky A. E., Chichagova O. A. The soil organic carbon dynamics in high latitudes of Eurasia using ¹⁴C data and the impact of potential climate change / Eds. Lal R., Kimble J. M., Stewart B. A. // Global Climate and Cold Regions Ecosystems. – Lewis Publishers, 2000. – P. 145–161.

49. Панкова Е. И., Новикова А. Ф. Деградиционные почвенные процессы на сельскохозяйственных землях России // Почвоведение. – 2000. – № 3. – С. 366–379.

50. Рыжова И. М., Ерохова А. А., Подвезенная М. А. Изменение запасов углерода в постагрогенных экосистемах в результате естественного восстановления лесов Костромской области // Лесоведение. – 2015. – № 4. – С. 307–317.

51. Заварзин Г. А. Лекции по природоведческой биологии. – М.: Наука, 2004. – 348 с.

52. Plaza C., Zaccone C., Sawicka K. et al. Soil Resources and Element Stocks in Drylands to Face Global Issues // Scientific Reports. – 2018. – Vol. 8. – P. 13788. DOI: 10.1038/s41598-018-32229-0.

53. Lal R. Managing soils for negative feedback to climate change and positive impact on food and nutritional security // Soil Science and Plant Nutrition. – 2020. – Vol. 66, N 1. – P. 1–9. DOI: 10.1080/00380768.2020.1718548.

54. Кудеяров В. Н., Заварзин Г. А., Благодатский С. А. и др. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. – М., 2007. – 315 с.

55. Карбоновое земледелие и его перспективы // Цифровая платформа знаний АгроЭкоМиссия. – URL: <https://agricommission.com/news/karbonovoe-zemledelie-i-ego-perspektivy#:~:text=Карбоновое%20земледелие%20работает%20через%20комплекс,способов%20секвестрации%20углерода%20в%20почве>.

56. Ратнер С. В. Циркулярная экономика: теоретические основы и практические приложения в области региональной экономики и управления // Инновации. – 2018. – № 9(239). – С. 29–37.

57. «Справедливая» экономика землепользования: учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 196 с.

58. Korhonen J., Honkasalo A., Seppälä J. Circular Economy: The Concept and its Limitations // Ecological Economics. – 2018. – N 143. – P. 37–46.

59. Степин В. С. Философия и методология науки. – М.: Альма-матер, 2015. – 716 с.

60. Мокий М. С., Никифоров А. Л., Мокий В. С. Методология научных исследований. – М.: Изд-во Юрайт, 2018. – 255 с.

61. Чуков С. Н., Яковлев А. С. Категории почвы и земли в современном законодательстве России // Почвоведение. – 2019. – № 7. – С. 891–898. DOI: 10.1134/S0032180X19070025.

62. Макаров О. А., Цветнов Е. В., Ермияев Я. Р. Сколько должна стоить земля? (экологический фактор в «справедливой стоимости» земель) // Земледелие. – 2017. – № 1. – С. 3–8.

63. Горшенина Г. В. Оценка земель под сельскохозяйственными угодьями для целей залога: основные ценообразующие факторы. Единство и противоположность мнений // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2016. – № 7(178). – С. 58–65.

64. Федеральный стандарт «Цель оценки и виды стоимости» (утвержден Приказом Министерства экономического развития РФ от 20 мая 2015 г. № 298 «Об утверждении Федерального стандарта оценки «Цель оценки и виды стоимости (ФСО № 2)»).

65. Nkonya E. et al. The Economics of Land Degradation: Toward an Integrated Global Assessment // ZEF Discussion Papers on Development Policy. – N 150. – Bonn: ZEF, 2011. – xii, 184 p. – URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/84788/1/661574334.pdf>.

66. Nkonya E. et al. Global cost of land degradation in Economics of Land Degradation and Improvement // Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development / Eds. by Nkonya E. et al. – Cham: Springer, 2016. – P. 117–165. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3_6.

67. Nkonya E. et al. Concepts and Methods of Global Assessment of the Economics of Land Degradation and Improvement // Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development / Eds. by Nkonya E. et al. – Cham: Springer, 2016. – P. 15–32. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3.

68. Von Braun J. et al. The Economics of Land Degradation. An Issue Paper for Global Soil Week, 08-22 November, 2012. Berlin, Germany, 2012.

69. Von Braun J., Gerber N. The Economics of Land and Soil Degradation – Toward an Assessment of the Costs of Inaction // Recarbonization of the Biosphere / Eds. by Lal R. et al. – Dordrecht: Springer, 2012. – P. 493–516. DOI: 10.1007/978-94-007-4159-1_23.

70. Von Braun J., Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. The Economics of Land Degradation // ZEF Working Paper. – 2013. – N 109. – 35 p. DOI: 10.2139/ssrn.2237977.

71. Von Braun J. et al. The Economics of Land Degradation // SSRN Electronic Journal. – 2013. – 35 p. DOI: 10.2139/ssrn.2237977.

72. Von Braun J., Mirzabaev A. Land use change and economics of land degradation in the Baltic Region // Baltic Region. – 2016. – Vol. 8, N 3. – P. 33–44. DOI: 10.5922/2079-8555-2016-3-3.

73. Barbier E. B. et al. The value of estuarine and coastal ecosystem services // Ecol. Monographs. – 2010. – Vol. 81, N 2. – P. 169–193. DOI: 10.1890/10-1510.1.

74. Рухович Д. И. и др. Продовольственная безопасность России и государственная статистика – к чему ведут выдуманные цифры // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 6. – С. 64–69.

75. Макаров О. А. и др. Апробация методики эколого-экономической оценки деградации земель // Агрехимический вестник. – 2017. – № 3. – С. 55–59.

76. Макаров О. А. и др. Экологическая норма и экономически обоснованный выбор плана устойчивого землепользования (опыт изучения проблемы на примере Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ им. М. В. Ломоносова) // Земледелие. – 2018. – № 1. – С. 6–10.

77. Карманов И. И. Почвенно-экологическая оценка // Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 161–233.

78. Карманов И. И. Проблема цен на почвы и земельные участки // Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 234–297.

79. Карманов И. И., Булгаков Д. С. Опыт разработки методики расчетов индексов ценности земель сельскохозяйственного назначения на почвенно-экологической основе // Оценка и учет почвенных ресурсов. – М.: МГУ, 2003. – С. 62–97.

80. Власов А. Д., Панько В. А. Экономическая оценка сельскохозяйственных угодий. – Новосибирск: РАСХН, 1992. – 54 с.

81. Савич В. И., Амергужин Х. А., Карманов И. И., Булгаков Д. С., Федорин Ю. В., Карманова Л. А. Оценка почв. – М.: Изд-во «Астана», 2003. – 544 с.

82. Прокошев В. В., Дерюгин И. П. Калий и калийные удобрения. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.

83. Oldeman L. R., Hakkeling R. T. A., Sombroek W. G. World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation with Explanatory Note. – Wageningen: ISRIC; Nairobi: UNEP, 1991. – 34 p.

84. Vu Q. M. et al. Socio-economic and biophysical determinants of land degradation in Vietnam: An integrated causal analysis at the national level // Land Use Policy. – 2014. – Vol. 36. – P. 605–617. DOI: 10.1016/j.landusepol.2013.10.012.

85. Vlek P. L. G., Le Q. B., Tamene L. Assessment of land degradation, its possible causes and threat to food security in sub-Saharan Africa // Food Security and Soil Quality / Eds. Lal R. A. S., Stewart B. A. – Abingdon: Taylor and Francis, 2010. – P. 57–86.

86. Bai Z. G. et al. Proxy global assessment of land degradation // Soil Use and Management. – 2008. – Vol. 24, N 3. – P. 223–234.

87. Barbier E. B. The economic determinants of land degradation in developing countries // *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B.* – 1997. – N 352. – P. 891–899. DOI: 10.1098/rstb.1997.0068.

88. Jorgenson A. K., Kuykendall K. A. Globalization, foreign investment dependence and agriculture production: pesticide and fertilizer use in less-developed countries, 1990–2000 // *Social Forces.* – 2008. – Vol. 87, N 1. – P. 529–560. DOI: 10.1353/sof.0.0064.

89. Reynolds J. F. et al. Scientific concepts for an integrated analysis of desertification // *Land Degradation and Dev.* – 2011. – Vol. 22. – P. 166–183.

90. Vogt J. V. et al. Monitoring and assessment of land degradation and desertification: towards new conceptual and integrated approaches // *Land Degradation & Devel.* – 2011. – Vol. 22. – P. 150–165. DOI: 10.1002/ldr.1075.

91. Sommer S. et al. Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales // *Land Degradation and Dev.* – 2011. – Vol. 22. – P. 184–197. DOI: 10.1002/ldr.1084.

92. Perman R., Ma Y., McGilvray J., Common M. *Natural resource and environmental economics.* – Harlow: Pearson Education, 2003. – xxvi, 699 p.

93. Tietenberg N. H., Lewis L. *Environmental and natural resource economics.* – N.Y.: Pearson Education, 2018. – xxvii, 557 p.

94. Chasek P. et al. Operationalizing Zero Net Land Degradation: The next stage in international efforts to combat desertification? // *J. Arid Environments.* – 2014. – Vol. 112. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2014.05.020.

95. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель / утверждена Минприроды России и Роскомземом в июле 1994 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9014048>.

96. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // *Сборник нормативных актов «Охрана почв».* – М.: Изд-во РЭФИА, 1996. – С. 174–196.

97. Методические указания по оценке и возмещению вреда, нанесенного окружающей природной среде в результате экологических правонарушений / утверждены Госкомитетом РФ по охране окружающей среды от 06.09.1999 г.

98. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды / зарегистрировано в Министерстве юстиции РФ 7 сент. 2010 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902227668>.

99. Цифрова Р.-М. В., Гагина И. С. Совершенствование методики оценки рыночной стоимости земельных участков сельскохозяйственных угодий с применением доходного подхода на основе кадастровой информации // *Имущественные отношения в РФ.* – 2017. – № 11(194). – С. 48–59.

100. Economic of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development / Eds. by Nkonya E. et al. – Cham: Springer, 2016. – 686 p. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3.

101. Stavi I., Lal R. Achieving Zero Net Land Degradation: Challenges and opportunities // *J. of Arid Environ.* – 2014. – Vol. 112. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2014.01.016.

102. Baumgartner P., Cherlet J. Institutional Framework of (In) Action Against Land Degradation // *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* / Eds. by Nkonya E. et al. – Cham: Springer, 2016. – P. 33–54. DOI: 10.1007/978-3-319-19168-3_3.

103. Costanza R. et al. Changes in the global value of ecosystem services // *Global Environ. Change.* – 2014. – Vol. 26. – P. 152–158.

104. De Groot R., Wilson M. A., Boumans R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services // *Ecological Economics.* – 2002. – Vol. 41. – P. 393–408.

105. Galvao G. D. A., Nadae J., Clemente D. H., Chinen G., Carvalho M. M. Circular Economy: Overview of Barriers // *Procedia CIRP.* – 2018. – N 73. – P. 79–85.

106. Folke C. Resilience: the emergence of a perspective for socioecological systems analyses // *Global Environmental Change.* – 2006. – N 16. – P. 253–267.

107. Crépin A., Biggs R., Polasky S., Troell M., Zeeuw A. Regime shifts and management // *Ecology Economist.* – 2012. – N 84. – P. 15–22.

108. Graedel T. E. On the concept of industrial ecology // *Annual Review of Energy Environmental.* – 1996. – N 21. – P. 69–98.

109. Lifset R., Graedel T. E. Industrial ecology: goals and definitions / Eds. Ayres R. U., Ayres L. *Handbook for Industrial Ecology.* – Edward Elgar, Brookfield, 2001.

110. Sauve S., Bernard S., Sloan P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research // *Environmental Development.* – 2016. – Vol. 17. – P. 48–56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>.

111. Силин Я. П., Анимица Е. Г. Эволюция парадигмы региональной экономики // *Journal of New Economy.* – 2020. – Vol. 21, N 1. – P. 5–28. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-1-1.

112. Vačova M., Böhme K., Guitton M. et al. Pathways to a circular economy in cities and regions. 2016. – URL: https://urbact.eu/sites/default/files/policy_brief_on_circular_economy.pdf.

113. Stiglitz J., Sen A., Fitoussi J. P. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. 2009. – URL: https://www.researchgate.net/publication/258260767_Report_of_the_Commission_on_the_Measurement_of_Economic_Performance_and_Social_Progress_CMEPSP (accessed: 9-Oct-2020).

114. Elsner W. The process and a simple logic of ‘meso’. Emergence and the coevolution of institutions and group size // *Journal of Evolutionary Economics*. – 2010. – N 20(3). – P. 445–477. DOI: 10.1007/s00191-009-0158-4.

115. Коломак Е. А. Неравномерное пространственное развитие в России: объяснения новой экономической географии // *Вопросы экономики*. – 2013. – № 2. – С. 132–150.

116. Толстогузов О. В. Пространственное неравенство регионов и дифференциальная экономическая рента // *Фундаментальные исследования*. – 2018. – № 10. – С. 112–116. DOI: 10.17513/fr.42290.

117. Hassink R., Isaksen A., Trippel M. Towards a comprehensive understanding of new regional industrial path development // *Regional Studies*. – 2019. – N 53(11). – P. 1636–1645. DOI: 10.1080/00343404.2019.1566704.

118. Dopfer K., Foster J., Potts J. Micro–meso–macro // *Journal of Evolutionary Economics*. – 2004. – N 14(3). – P. 263–279. DOI: 10.1007/s00191-004-0193-0.

119. Dopfer K. The origins of meso economics. Schumpeter’s legacy and beyond // *Journal of Evolutionary Economics*. – 2012. – N 22(1). – P. 133–160. DOI: 10.1007/s00191-011-0218-4.

120. Menard C. Embedding organizational arrangements: towards a general model // *Journal of Institutional Economics*. – 2014. – N 10(4). – P. 567–589. DOI: 10.1017/S1744137414000228.

121. Boschma R., Capone G. Institutions and diversification: Related versus unrelated diversification in a varieties of capitalism framework // *Research Policy*. – 2015. – N 44(10). – С. 1902–1914. DOI: 10.1016/j.respol.2015.06.013.

122. Isaksen A., Trippel M. Path development in different regional innovation systems: A conceptual analysis // *Innovation drivers and regional innovation strategies* / Eds. Parrilli M. D., Fitjar R. D., Rodríguez-Pose A. – London: Routledge, 2016. – P. 66–84.

123. Толстогузов О. В. Структурные изменения экономики регионов Северо-Запада России: институциональный фактор // *Балтийский регион*. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 56–74. DOI: 10.5922/2079-8555-2022-1-4.

124. Rolling back Russia’s spatial disparities. Re-assembling the Soviet Jigsaw under a Market Economy. The World Bank Group, 2018. – URL: (<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29866/126805-WP-WBrolling-back-PUBLIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 12.05.2021)).

125. Isaksen A., Trippel M. Exogenously led and policy-supported new path development in peripheral regions: Analytical and synthetic routes // *Economic Geography*. – 2017. – N 93(5). – P. 436–457.

126. Varis M., Tohmo T., Littunen H. Arriving at the dawn of the new economy: Is knowledge-based industrial renewal possible in a peripheral region? // *European Planning Studies*. 2014. – N 22(1). – P. 101–125. DOI: 10.1080/09654313.2012.731041.

127. Артур У. Б. Теория сложности в экономической науке: иные основы экономического мышления // *Terra Economicus*. – 2015. – № 13(2). – С. 15–37.

128. Dopfer K. *Mesoeconomics: A Unified Approach to Systems Complexity and Evolution* // *Handbook on the Economic Complexity of Technological Change*, no 13391 / Eds. Antonelli C. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2011. – URL: <http://econpapers.repec.org/bookchap/elgeebook/13391.htm> (дата обращения: 12.05.2021).

129. Kunneke R., Ménard C., Groenewegen J. Aligning modes of organization with technology: critical transactions in the reform of infrastructures // *Journal of Economic Behavior and Organization*. – 2010. – N 75(3). – P. 494–505.

130. Шаститко А. Е. Мезоинституты: умножение сущностей или развитие программы экономических исследований? // *Вопросы экономики*. – 2019. – № 5. – С. 5–25.

131. Кирдина С. Г. Методологический институционализм как новый принцип анализа сложных социальных систем на мезоуровне // *TERRA ECONOMICUS*. – 2016. – Т. 14, № 1. – С. 98–108.

132. Кирдина-Чэндлер С. Г., Маевский В. И. Методологические вопросы анализа мезоуровня в экономике // *Журнал институциональных исследований*. – 2017. – № 9(3). – С. 6–23.

133. Гареев Т. Р. Платформенные рынки: место в теории развития мезоэкономических систем и вызов пространственным исследованиям // *Балтийский регион*. – 2018. – № 10(2). – P. 26–38. DOI: 10.5922/2079-8555-2018-2-2.

134. Маевский В. И., Кирдина-Чэндлер С. Г. (ред.). *Мезоэкономика: элементы новой парадигмы*. – М.: ИЭ РАН, 2020. – 392 с.

135. *Эколого-экономическая сбалансированность регионального развития: методологические и методические основы* / ред. Замятина М. Ф. – СПб.: ГУАП, 2013. – 143 с.

136. Hauck J., Görg C., Varjopuro R. et al. Benefits and limitations of the ecosystem services concept in environmental policy and decision making: some stakeholder perspectives // *Environmental Science and Policy*. – 2013. – N 25. – P. 13–21. DOI: 10.1016/J.ENVSCL.2012.08.001.

137. Spangenberg J. H., Görg C., Truong D. T., Tekken V. et al. Provision of ecosystem services is determined by human agency, not ecosystem functions. Four case studies // *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*. – 2014. – N 1. – P. 40–53. DOI: 10.1080/21513732.2014.884166.

138. Даваахуу Нямдорж, Нямдорж Дэндэв, Толстогузов О. В., Тишков С. В. Эколого-экономические регуляторы деятельности горнодобывающего предприятия в условиях истощения ресурсной базы. – М.: Экономика, 2021. – 144 с.

139. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. – OECD. – URL: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=sg/sd\(2002\)1/final&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=sg/sd(2002)1/final&doclanguage=en) (Accessed: 2-Sept-2020).

140. Центральная основа Системы природно-экономического учета, 2012 год. – Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 2017 г. – xxix, 369 с. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/WMZATX1c/sea_cf_final_ru.pdf (дата обращения: 20.05.2021).

141. The System of Environmental-Economic Accounting 2012. Central Framework. – The United Nations, the European Commission, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Organisation for Economic Cooperation and Development, the International Monetary Fund, the World Bank Group, 2014.

142. UNEP. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being. – Washington DC: Island Press, 2005.

143. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). Version 4: Consultation Briefing Note. – European Environment Agency (EEA), 2012. – URL: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/07/CICES-v-4-Consultation-Briefing-Note.pdf> (accessed 20.09.2021).

144. TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Glossary of terms. 2017. Available: <http://www.teebweb.org/resources/glossary-of-terms/> (дата обращения: 20.09.2021).

145. Тихонова Т. В. Экосистемные услуги: пути практического использования // *Проблемы развития территории*. – 2019. – № 1(99). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekosistemnye-uslugi-puti-prakticheskogo-ispolzovaniya> (дата обращения: 30.09.2022). DOI: 10.15838/ptd.2019.1.99.2.

146. Прототип национального доклада «Экосистемные услуги России. Услуги наземных экосистем». – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. – 148 с. – URL: <http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps/index.html> (дата обращения: 20.09.2021).

147. Бобылев С. Н., Горячева А. А. Идентификация и оценка экосистемных услуг: международный контекст // Вестник международных организаций. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 225–236. DOI: 10.17323/1996-7845-2019-01-13.
148. Бобылев С. Н., Перелет Р. А., Соловьева С. В. Оценка и внедрение системы платежей за экосистемные услуги на особо охраняемых природных территориях. – Волгоград: ПРООН, 2012. – 175 с.
149. Haines-Young R., Potschin M. Common international classification of ecosystem services (CICES): Consultation on Version 4, August–December 2012. – EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003. – 2013.
150. Tianhong L., Wenkai L., Zhenghan Q. Variations in ecosystem service value in response to land use changes in Shenzhen // Ecol. Economics. – 2008. – Vol. 69, N 7. – P. 1427–1435. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.05.018.
151. Бобылев С. Н., Захаров В. М. Экосистемные услуги и экономика. – М.: ЛЕВКО, 2009. – 72 с.
152. Цветнов Е. В. и др. Применение затратного подхода к стоимостной оценке земель: эколого-экономические перспективы // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 4. – С. 79–85.
153. Цветнов Е. В. и др. О включении экосистемных услуг в систему оценки ущерба от деградации земель // Почвоведение. – 2016. – № 12. – С. 1534–1540. DOI: 10.7868/S0032180X16120133.
154. Цветнов Е. В. и др. Апробация подхода к определению общественной ценности земель в качестве основы для проведения эколого-экономической оценки ущерба от их деградации // Почвоведение. – 2019. – № 10. – С. 1269–1277.
155. Эколого-экономическая оценка деградации земель / под ред. А. С. Яковлева, О. А. Макарова, С. В. Киселева и др. – М.: МАКСПресс, 2016. – 256 с.
156. Яковлев А. С. и др. Деградация земель и проблемы устойчивого развития // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С. 1167–1174. DOI: 10.1134/S0032180X18090149.
157. Makarov O. A. et al. A Case of Soil Erosion's Economic Assessment // Moscow University Soil Science Bulletin. – 2019. – Vol. 74, N 5. – P. 214–220. DOI: 10.3103/S0147687419050041.
158. Sundström J. et al. Future threats to agricultural food production posed by environmental degradation, climate change, and animal and plant diseases – a risk analysis in three economic and climate settings // Food Security. – 2014. – Vol. 6. – P. 201–215. DOI: 10.1007/s12571-014-0331-y.
159. Молчанов Э. Н., Савин И. Ю., Яковлев А. С. и др. Отечественные подходы к оценке степени деградации земель // Почвоведение. – 2015. – № 11. – С. 1394. DOI: 10.7868/S0032180X15110118.

160. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М.: Наука, 1990. – 261 с.
161. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. – М.: Наука, 2000. – 185 с.
162. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. – 412 с.
163. Ковда В. А. Роль и функции почвенного покрова в биосфере Земли. – Пушкино: АН СССР, 1985. – 10 с.
164. Почвы в биосфере и жизни человека. – М.: Изд-во Моск. Гос. ун-та леса, 2012. – 584 с.
165. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М.: Наука, 2003. – 364 с.
166. Amundson R., Berhe A. A., Hopmans J. W., Olson C., Sztein A. E., Sparks D. L. Soil and human security in the 21st century // *Soil science*. – 2015. – Vol. 348, N 6235. – P. 647–653.
167. Blum W. E. H., Eswaran H. Soils for sustaining global food production // *Journal Food Science*. – 2004. – Vol. 69. – P. 37–42.
168. Blum W. E. H. Functions of soil for society and environment // *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*. – 2005. – Vol. 4. – P. 75–79.
169. Brevik E., Cerdà A., Mataix-Solera J., Pereg L., Quinton J., Six J., van Oost K. The interdisciplinary nature of Soil // *Soil*. – 2015. – Vol. 1. – P. 117–129.
170. Glanz J. T. *Saving Our Soil: Solutions for Sustaining Earth's Vital Resource*. – Boulder, CO, USA: Johnson Books, 1995. – 182 p.
171. Koch A., McBratney A., Adams M. et al. Soil security: Solving the global soil crisis // *Global Policy*. – 2013. – Vol. 4, N 4. – P. 434–441. DOI: 10.1111/1758-5899.12096.
172. Макаров О. А., Каманина И. З. Экономическая оценка и сертификация почв и земель: учеб. пособие. – М.: МАКСПресс, 2008. – 240 с.
173. Allen T., Giampietro M. Holons, creans, genons, environs, in hierarchy theory: Where we have gone // *Ecological Modeling*. – 2014. – Vol. 293. – P. 31–41. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2014.06.017.
174. Wallace K. J. Classification of Ecosystem Services: Problems and Solutions // *Biological Conservation*. – 2007. – Vol. 139. – P. 235–246.
175. Hirata H., Ulanowicz R. E. Information theoretical analysis of the aggregation and hierarchical structure of ecological networks // *Journal Theoretical Biology*. – 1985. – Vol. 116(1635). – P. 321–341.
176. Paustian K., Lehmann J., Ogle S., Reay D. et al. Climate-smart soils // *Nature*. – 2016. – N 532. – P. 49–57. DOI: 10.1038/nature17174.

177. Vogel H.-J., Bartke S., Daedlow K., Helming K. et al. Sustainable soil management // *Soil*. – 2018. – N 4. – P. 83–92. DOI: 10.5194/soil-4-83-2018.
178. Costanza R., Folke C. Valuing ecosystem services with efficiency, fairness, and sustainability as goals // *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems* / Eds. Daily G. – Washington (DC): Island Press, 1997. – P. 49–70.
179. Costanza R., d'Arge R., de Groot R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital // *Nature*. – 1997. – N 386.
180. Chan K. M. A., Satterfield T., Goldstein J. Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values // *Ecological Economics*. – 2012. – N 74. – P. 8–18. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2011.11.011.
181. Ehlers K. Chances and Challenges in Using the Sustainable Development Goals as a New Instrument for Global Action Against Soil Degradation // *International Yearbook of Soil Law and Policy* / Eds. Ginzky H., Heuser I., Qin T., Ruppel O., Wegerdt P. – Cham: Springer. – 2016. – P. 73–84. DOI: 10.1007/978-3-319-42508-5_8.
182. Robinson D., Fraser I., Dominati E., Davíðsdóttir B. et al. On the value of soil resources in the context of natural capital and ecosystem service delivery // *Soil Science Society of America Journal*. – 2014. – N 78. – P. 685–700. DOI: 10.2136/sssaj2014.01.0017.
183. Setten G., Stenseke M., Moen J. Ecosystem services and landscape management: three challenges and one plea // *International Journal Biodiversity Science, Ecosystem Service & Management*. – 2012. – N 8. – P. 305–312. DOI: 10.1080/21513732.2012.722127.
184. Daly H., Cobb J. *For the common good: Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future*. – Boston: Beacon Press, 1989.
185. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 27 июля 2012 года. 66/288. Будущее, которого мы хотим. 11 September 2012. – URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/66/288>.
186. Цибульникова М. Р. Развитие методологии экономического анализа экосистемных услуг для обеспечения рационального природопользования // *Вестник Томского государственного университета*. – 2011. – № 352. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-metodologii-ekonomicheskogo-analiza-ekosistemnyh-uslug-dlya-obespecheniya-ratsionalnogo-prirodopolzovaniya> (дата обращения: 27.07.2021).
187. Центральная основа Системы природно-экономического учета, 2012 год / Организация Объединенных Наций Нью-Йорк, 2017. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/WMZATXic/seea_cf_final_ru.pdf.
188. Global Carbon Project. 2011. Carbon budget and trends 2010. – URL: <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>.

189. Ермакова М. С. Выбросы парниковых газов: раскладываем по полочкам // Экология производства. – 2021. – № 2. – С. 98–105.

190. Naumov A., Akimova V., Sidorova D., Topnikov M. Agriculture and land use in the North of Russia: Case study of Karelia and Yakutia // Open Geosciences. – 2020. – Vol. 12(1). – P. 1497–1511. DOI: 10.1515/geo-2020-0210.

191. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 1994 году. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Карелия. – Петрозаводск: Версо, 1995. – 126 с.

192. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2021 году. Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия / под ред. А. Н. Громцева. – Петрозаводск, 2022. – 263 с.

193. Flinn K. M., Vellend M. Recovery of forest plant communities in post-agricultural landscapes // *Frontiers in Ecology and the Environment*. – 2005. – Vol. 3(5). – 243 p. DOI: 10.2307/3868486.

194. Lasanta T., Nadal-Romero E., Arnáez J. Managing abandoned farmland to control the impact of re-vegetation on the environment. The state of the art in Europe // *Environmental Science & Policy*. – 2015. – Vol. 52. – P. 99–109. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.05.012.

195. Шутов И. В., Жигунов А. В. Проблемы получения древесного сырья на неиспользуемых сельскохозяйственных землях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 4(20). – С. 5–17.

196. Kuemmerle T., Olofsson P., Chaskovskyy O., Baumann M., Ostapowicz K., Woodcock C. E., Houghton R. A., Hostert P., Keeton W. S., Radeloff V. C. Post-Soviet farmland abandonment, forest recovery, and carbon sequestration in western Ukraine // *Global Change Biology*. – 2011. – Vol. 17. – P. 1335–1349. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02333.x.

197. Атлас Карельской АССР / под ред. А. Г. Дурова. – М.: ГУГК СССР, 1989. – 40 с.

198. История Карелии с древнейших времен до наших дней / под ред. Н. А. Кораблева, В. Г. Макурова, Ю. А. Савватеева, М. И. Шумилова. – Петрозаводск: Периодика, 2001. – 944 с.

199. История и культура Сямозерья / под ред. В. П. Орфинского, И. Е. Гришиной и др. – Петрозаводск: ПГУ, 2008. – 816 с.

200. Богданова М. С. Ландшафты Заонежского полуострова (Республика Карелия) // Известия Русского географического общества. – 2021. – № 1. – С. 32–58. DOI: 10.31857/S086960712101002X.

201. Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
202. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
203. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.
204. Муха В. Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). – М.: Колос, 2004. – 271 с.
205. Евдокимов И. В. Методы определения биомассы почвенных микроорганизмов // *Russian J. Ecosystem Ecol.* – 2018. – Т. 3, № 3. – С. 1–20.
206. Anderson J. P. E., Domsch K. H. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils // *Soil Science.* – 1980. – Vol. 130(4). – P. 211–216.
207. IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. – IGES, Japan, 2003. – 590 p.
208. Minasny B., McBratney A. B., Mendonça Santos M. L., Odeh I. O. A., Guyon B. Prediction and digital mapping of soil carbon storage in the Lower Namoi Valley // *Australian J. Soil Res.* – 2006. – Vol. 44. – P. 233–244.
209. Malone B. P., McBratney A. B., Minasny B., Laslett G. M. Mapping continuous depth functions of soil carbon storage and available water capacity // *Geoderma.* – 2009. – Vol. 154. – P. 138–152.
210. Полубояринов О. И. Плотность древесины. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
211. Казимиров Н. И., Морозова Р. М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. – Л.: Наука, 1973. – 175 с.
212. Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. К. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. – Л.: Наука, 1978. – 216 с.
213. Трейфельд Р. О., Кранкина О. Н. Определение запасов и фитомассы древесного детрита на основе данных лесоустройства // *Лесное хозяйство.* – 2001. – № 4. – С. 23–26.
214. Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И. Система конверсионных отношений для расчета чистой первичной продукции лесных экосистем по запасам насаждений // *Лесоведение.* – 2000. – № 6. – С. 54–63.
215. Титлянова А. А., Базилевич Н. И., Снытко В. А. и др. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. – Новосибирск: Наука, 1988. – 134 с.

216. Титлянова А. А., Косых Н. П., Миронычева-Токарева Н. П., Романова И. П. Подземные органы растений в травяных экосистемах. – Новосибирск: Наука, 1996. – 128 с.

217. Лиханова И. А., Лаптева Е. М., Ковалева В. А. Продуктивность растительных сообществ и формирование органогенных горизонтов почв в ходе самовосстановительной сукцессии на техногенных субстратах // Известия СамНЦ РАН. – 2014. – Т. 16, № 5. – С. 182–189.

218. Курганова И. Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России: специальность 03.02.13 «Почвоведение»: Дис. ... докт. биол. наук. – Пущино, 2010. – 401 с.

219. Мониторинг потоков парниковых газов в природных экосистемах / А. М. Алферов, В. Г. Блинов, М. Л. Гитарский и др. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2017. – 279 с.

220. Карелин Д. В., Замолотчиков Д. Г., Каганов В. В. Почикалов А. В., Гитарский М. Л. Микробная и корневая составляющие дыхания дерново-подзолистых почв южной тайги // Лесоведение. – 2017. – № 3. – С. 183–195.

221. Джонгман Р. Г. Г., Тер Браак С. Дж. Ф., Ван Тонгерен О. Ф. Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов / пер. с англ. под ред. А. Н. Гельфана, Н. М. Новиковой, М. Б. Шадринной. – М.: РАСХН, 1999. – 306 с.

222. Мешалкина Ю. Л., Самсонова В. П. Математическая статистика в почвоведении: практикум. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 84 с.

223. Ananyeva N. D., Susyan E. A., Chernova O. V., Wirth S. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia // European J. of Soil Biology. – 2008. – Vol. 44, N 2. – P. 147–157.

224. Anderson T. H., Domsch K. H. Carbon links between microbial biomass and soil organic matter / Perspectives in Microbial Ecology. Eds.: Megusar F., Gantar M. Slovene Society for Microbiology. – Ljubljana, 1986. – P. 467–471.

225. Anderson T. H., Domsch K. H. Ratios of microbial biomass to total organic carbon in arable soils // Soil Biol Biochem. – 1989. – Vol. 21, N 4. – P. 471–479.

226. Bolin B. Changes of land biota and their importance for the carbon cycle // Science. – 1977. – Vol. 196. – P. 613–615.

227. Ананьева Н. Д., Сусьян Е. А., Рыжова И. М., Бочарникова Е. О., Стольников Е. В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуоксида углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1108–1116.

228. Nannipieri P., Eldor P. The chemical and functional characterization of soil N and its biotic components // Soil Biol. Biochem. – 2009. – Vol. 41. – P. 2357–2369. DOI:10.1016/j.soilbio.2009.07.013.

229. Shao P., Liang C., Rubert-Nason K., Li X., Xie H., Bao X. Secondary successional forests undergo tightly-coupled changes in soil microbial community structure and soil organic matter // *Soil Biol. Biochem.* – 2019. – Vol. 128. – P. 56–65. DOI:10.1016/j.soilbio.2018.10.004.

230. Курганова И. Н. и др. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // *Почвоведение.* – 2021. – № 3. – С. 287–303. DOI: 10.1134/S1064229321030108.

231. Insam H., Domsch K. H. Relation between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites // *Microbial Ecology.* – 1988. – Vol. 15, N 2. – P. 177–188.

232. Baeten L., Velghe D., Vanhellemont M., De Frenne P., Hermy M., Verheyen K. Early trajectories of spontaneous vegetation recovery after intensive agricultural land use // *Restoration Ecology.* – 2010. – Vol. 18. – P. 379–386. DOI:10.1111/j.1526-100X.2009.00627.x.

233. Givnish T. J. Adaptive significance of evergreen vs. deciduous leaves: solving the triple paradox // *Silva Fennica.* – 2002. – Vol. 36. – 535 p. DOI:10.14214/sf.535.

234. Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – 403 с.

235. Minasny B., McBratney A. B., Malone B. P., Wheeler I. Digital mapping of soil carbon // *Adv. Agron.* – 2013. – Vol. 118. – P. 1–47.

236. Meersmans J., De Ridder F., Canters F., De Baets S., Van Molle M. A multiple regression approach to assess the spatial distribution of soil organic carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium) // *Geoderma.* – 2008. – Vol. 143. – P. 1–13.

237. Kempen B., Brus D. J., Stoorvogel J. J. Three-dimensional mapping of soil organic matter content using soil type-specific depth functions // *Geoderma.* – 2011. – Vol. 162. – P. 107–123.

238. Mishra U., Lal R., Slater B., Calhoun F., Liu D., Van Meirvenne M. Predicting soil organic carbon stock using profile depth distribution functions and ordinary kriging // *Soil Sci. Soc. America J.* – 2009. – Vol. 73. – P. 614–621.

239. Arrouays D., Pélissier P. Modeling carbon storage profiles in temperate forest humic loamy soils of France // *Soil Science.* – 1994. – Vol. 157. – P. 185–192.

240. Bernoux M., Arrouays D., Cerri C. C., Bourennane H. Modelling vertical distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia) // *Soil Science.* – 1998. – Vol. 163. – P. 941–951.

241. Розанов Б. Г. Морфология почв. – М.: Академический проект, 2004. – 432 с.

242. Batjes N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world // *Europ. J. Soil Sci.* – 1996. – Vol. 47. – P. 151–163.

243. Тюрин И. В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 319 с.

244. Рыжова И. М., Ерохова А. А., Подвезенная М. А. Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги // *Почвоведение.* – 2014. – № 12. – С. 1426–1435. DOI:10.7868/S0032180X14090111.

245. Чернова О. В., Рыжова И. М., Подвезенная М. А. Влияние исторических и региональных особенностей землепользования на величину и структуру запасов углерода в южной тайге и лесостепи европейской России // *Почвоведение.* – 2018. – № 6. – С. 747–758. DOI:10.7868/S0032180X18060114.

246. Кудеяров В. Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почв к поглощению углерода на территории России // *Почвоведение.* – 2015. – № 9. – С. 1049–1060. DOI:10.7868/S0032180X15090087.

247. Дубровина И. А., Мошкина Е. В., Сидорова В. А., Туюнен А. В., Карпечко А. Ю., Геникова Н. В., Медведева М. В., Мамай А. В., Толстогозов О. В., Кулакова Л. М. Влияние типа землепользования на свойства почв и структуру экосистемных запасов углерода в среднетаежной подзоне Карелии // *Почвоведение.* – 2021. – № 11. – С. 1392–1406. DOI:10.31857/S0032180X21110058.

248. Дубровина И. А. и др. Динамика свойств почв и экосистемные запасы углерода при разных типах землепользования (средняя тайга Карелии) // *Почвоведение.* – 2022. – № 9. – С. 1112–1125. DOI:10.31857/S0032180X22090052.

249. Мошкина Е. В. и др. Особенности естественного восстановления лесных экосистем на бывших сельскохозяйственных землях (на примере Южного агроклиматического района Карелии) // *Биосфера.* – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 134–145. DOI:10.24855/biosfera.v11i3.506.

250. Голубева Л. В., Наквасина Е. Н., Минин Н. С. Продуктивность и качество древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в постагрогенных насаждениях // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии.* – 2016. – № 215. – С. 19–29. DOI:10.21266/2079-4304.2016.215.19-29.

251. Беляева Н. В., Данилов Д. А., Кази И. А. Особенности естественного возобновления ели европейской на постагрогенных землях // *Актуальные проблемы лесного комплекса.* – 2019. – № 54. – С. 6–10.

252. Osipov A. F., Bobkova K. S., Дымов А. А. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia // *Geoderma Regional*. – 2021. – Vol. 27. DOI:10.1016/j.geodrs.2021.e00427.

253. Рыжова И. М., Телеснина В. М., Ситникова А. А. Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // *Почвоведение*. – 2020. – № 2. – С. 230–243. DOI:10.31857/S0032180X20020100.

254. Дубровина И. А. Изменение содержания общего углерода, азота и фосфора в почвах таежной зоны Республики Карелия при сельскохозяйственном использовании // *Вестник Томского гос. ун-та. Биология*. – 2018. – № 41. – С. 27–41. DOI:10.17223/19988591/41.

255. Приходько В. Е., Манахов Д. В. Изменение органического вещества почв степного Зауралья при переводе в заповедный режим // *Почвоведение*. – 2014. – № 4. – С. 401–409. DOI:10.7868/S0032180X14020099.

256. Еремин Д. И. Изменение содержания и качества гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья // *Почвоведение*. – 2016. – № 5. – С. 584–592. DOI:10.7868/S0032180X1605004X.

257. Schulp C. J. E., Verburg P. H. Effect of land use history and site factors on spatial variation of soil organic carbon across a physiographic region // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2009. – Vol. 133. – P. 86–97. DOI: 10.1016/j.agee.2009.05.005.

258. Kern J., Giani L., Teixeira W., Lanza G., Glaser B. What can we learn from ancient fertile anthropic soil (Amazonian Dark Earths, shell mounds, Plaggen soil) for soil carbon sequestration? // *Catena*. – 2019. – Vol. 172. – P. 104–112. DOI: 10.1016/j.catena.2018.08.008.

259. Klumpp K. et al. Grazing triggers soil carbon loss by altering plant roots and their control on soil microbial community // *Journal of Ecology*. – 2009. – Vol. 97. – P. 876–885.

260. Houghton R. Balancing the Global Carbon Budget // *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. – 2007. – Vol. 35. – P. 313–347. DOI: 10.1146/annurev.earth.35.031306.140057.

261. Schlesinger W. H., Andrews J. A. Soil respiration and global carbon cycle // *Biogeochemistry*. – 2000. – Vol. 48. – P. 7–20.

262. Post W. M., Kwon K. C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential // *Global change biology*. – 2000. – Vol. 6. – P. 317–328. DOI:10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x.

263. Martens D. A., Reedy T. E., Lewis D. T. Soil organic carbon content and composition of 130-year crop, pasture and forest land-use managements

// *Global Change Biology*. – 2003. – Vol. 10. – P. 65–78. DOI: 10.1046/j.1529-8817.2003.00722.x.

264. Guo L. B., Gifford R. M. Soil carbon Stocks and Land Use Change: a Meta analysis // *Global Change Biology*. – 2002. – Vol. 8. – P. 345–360. DOI:10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x.

265. Завьялова Н. Е. Гумус и азот дерново-подзолистой почвы различных сельскохозяйственных угодий Пермского края // *Почвоведение*. – 2016. – № 11. – С. 1347–1354. DOI: 10.7868/S0032180X16110113.

266. Иванов И. А., Иванов А. И., Цыганова Н. А. Изменение свойств подзолистых и дерново-подзолистых почв на песчаных породах при окультуривании // *Почвоведение*. – 2004. – № 4. – С. 489–499.

267. Дричко В. Ф., Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Чернов Д. В., Буре В. М. Скорости изменения кислотно-основных параметров, содержания общего углерода и состава гумуса в дерново-подзолистой песчаной почве при переходе от пашни к лесу при сукцессии залежных земель // *Агрохимия*. – 2015. – № 11. – С. 19–29.

268. Телеснина В. М., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Овсепян Л. А., Личко В. И., Ермолаев А. М., Мирин Д. М. Динамика свойств почв и состава растительности в ходе постагрогенного развития в разных биоклиматических зонах // *Почвоведение*. – 2017. – № 12. – С. 1514–1534. DOI: 10.7868/S0032180X17120115.

269. Berthrong S. T., Jobbagy E. G., Jackson R. B. A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon and nitrogen with afforestation // *Ecological Applications*. – 2009. – Vol. 19. – P. 2228–2241. DOI: 10.1890/08-1730.1.

270. Рыжова И. М., Ерохова А. А., Подвезенная М. А. Изменение запасов углерода в постагрогенных экосистемах в результате естественного восстановления лесов в Костромской области // *Лесоведение*. – 2015. – № 4. – С. 307–317.

271. Šantrůčková H., Kaštovská E., Kozlov D., Kurbatova J., Livečková M., Shibistova O., Tatarinov F., Lloyd J. Vertical and horizontal variation of carbon pools and fluxes in soil profile of wet Southern taiga in European Russia // *Boreal Environment Research*. – 2010. – Vol. 15(3). – P. 357–369. DOI: 10138/233132.

272. Баева Ю. И., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Почикалов А. В., Кудеяров В. Н. Физические свойства и изменение запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области) // *Почвоведение*. – 2017. – № 3. – С. 345–353. DOI: 10.7868/S0032180X17030029.

273. Булышева А. М., Хохлова О. С., Русаков А. В., Мякшина Т. Н. Изменение карбонатного состояния пахотных и залежных почв юга лесостепной зоны Среднерусской возвышенности (заповедный участок «Лес-на-Ворскле») // Вестн. Томского гос. ун-та. Биология. – 2018. – № 41. – С. 6–26. DOI: 10.17223/19988591/41/1.

274. Гавриленко Е. Г., Сусьян Е. А., Ананьева Н. Д., Макаров О. А. Пространственное варьирование содержания углерода микробной биомассы и микробного дыхания почв южного Подмосковья // Почвоведение. – 2011. – № 10. – С. 1231–1245.

275. Сахарова Л. А. Российская промышленная политика: новые организационные подходы к инвестиционным проблемам // Евразийский Научный Журнал. – 2015. – № 9. – URL: <https://journalpro.ru/pdf-article/?id=905>.

276. Kolesnikov N., Kolesnikova N. Spatial economic effects of the use of local resources: case of cement-bonded wood fiber blocks // MATEC Web of Conferences, 2018. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018. – 2018. – N 193. – P. 03041. DOI: 10.1051/mateconf/201819303041.

277. Chapman K., Walker D. Industrial location. Principles and policies. – Oxford: Basil Blackwell Inc., 1987. – URL: <https://archive.org/details/industrial-locati0000chap/page/n5/mode/2up>.

278. Grillitsch M., Asheim A., Trippel M. Unrelated knowledge combinations: The unexplored potential for regional industrial path development // Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. – 2018. – N 11(2). – P. 257–274. DOI: 10.1093/cjres/rsy012.

279. Dixit A., Stiglitz J. Monopolistic competition and optimum product diversity // American Economic Review. – 1977. – P. 297–308.

280. Menard C. Meso-institutions: the variety of regulatory arrangements in the water sector // Utilities Policy. – 2017. – N 49. – P. 6–19.

281. Acemoglu D., Robinson J. A. Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty. – New York: Crown Publishing Group, 2012. – URL: <https://norayr.am/collections/books/Why-Nations-Fail-Daron-Acemoglu.pdf>.

282. McGuire J. B., Schneeweis T., Branch B. Perceptions of Firm Quality: A Cause or Result of Firm Performance // Journal of Management. – 1990. – Vol. 16, N 1. – P. 167–180. DOI: 10.1177/014920639001600112.

283. Waddock S., Graves S. The Corporate Social Performance – Financial performance Link // Strategic Management Journal. – 1997. – Vol. 18, N 4. – P. 303–319. DOI: [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199704\)18:4<303::AID-SMJ869>3.0.CO;2-G](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199704)18:4<303::AID-SMJ869>3.0.CO;2-G).

284. Alexander G., Buchholtz R. Corporate Social Responsibility and Stock Market Performance // *Academy of Management Journal*. – 1982. – Vol. 21, N 3. – P. 479–486. DOI: <https://doi.org/10.5465/255728>.

285. Дукмасова Н. В. Экономическая эффективность внедрения системы экологического менеджмента на промышленных предприятиях: Дис. ... канд. эконом. наук. – Екатеринбург, 2015. – 214 с.

286. López M. V., Garcia A., Rodriguez L. Sustainable development and corporate performance: a study based on the Dow Jones Sustainability Index // *Journal of Business Ethics*. – 2007. – Vol. 75, N 3. – P. 285–300. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-006-9253-8>.

287. Friedman M. The Social Responsibility of Business is to Increase Profits. – *New York Times Magazine*, 1970, September 13. – P. 122–126.

288. Каргинова-Губинова В. В. Влияние стейкхолдеров на экологическое инвестирование компаний Арктической зоны Российской Федерации // *Регионология*. – 2022. – Т. 30, № 3. – С. 533–554. DOI: [10.15507/2413-1407.120.030.202203.533-554](https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.533-554).

289. Margolis J. D., Elfenbein H. A., Walsh J. Does it Pay to Be Good...And Does it Matter? A Meta-Analysis of the Relationship between Corporate Social and Financial Performance // *Organizations & Markets: Motivation & Incentives Journal*. – 2009. – P. 1–68. DOI: [10.2139/ssrn.1866371](https://doi.org/10.2139/ssrn.1866371).

290. Hart S., Ahuja G. Does It Pay to be Green? An Empirical Examination of the Relationship between Emission Reduction and Firm Performance // *Business Strategy and the Environment*. – 1996. – Vol. 5, N 1. – P. 30–37. DOI: [10.1002/\(SICI\)1099-0836\(199603\)5:1<30::AID-BSE38>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0836(199603)5:1<30::AID-BSE38>3.0.CO;2-Q).

291. Каргинова-Губинова В. В., Щербак А. П., Тишков С. В. Оппортунистическое поведение хозяйствующих субъектов: манипулирование экологической ответственностью в экономических интересах // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и Право*. – 2020. – № 5. – С. 30–35. DOI: [10.37882/2223-2974.2020.05.18](https://doi.org/10.37882/2223-2974.2020.05.18).

292. Бурдые П. Формы капитала // *Экономическая социология*. – 2002. – Т. 3, № 5. – С. 60–74.

293. Акутин А. В. Противопоставление и взаимосвязь классического и институционального капитала // *Вестник Самарского финансово-экономического института*. – 2011. – № 4(12). – С. 37–38.

294. Степанова Т. Е. Институциональный капитал региональной экономики // *Социально-экономические явления и процессы*. – 2017. – Т. 12, № 2. – С. 131–137. DOI: [10.20310/1819-8813-2017-12-2-131-137](https://doi.org/10.20310/1819-8813-2017-12-2-131-137).

295. Мамий И. П., Хоменко Т. А. Система эколого-экономического учета // *Основы международной статистики*. – М.: ИНФРА-М, 2009. – С. 587–603.

296. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики: учебник для вузов. – М.: ГУВШЭ, 2000. – 495 с.

297. Сочава Б. В. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.

298. Сергеев Ю. Н., Кулешов В. П. Размышления над статьей В. В. Меншуткина и В. В. Левченко «Когнитивная модель коэволюции биосферы и человеческого общества» // Биосфера. – 2019. – Т. 11, № 2. – С. 103–107. DOI: 10.24855/biosfera.v11i2.483.

299. Krugman P. Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade // Journal of International Economics. – 1979. – N 9(4). – P. 469–479.

300. Матвеев В. Д. Модель монополистической конкуренции Диксита-Стиглица: межстрановая версия // Экономическая школа. Альманах. – 2011. – Т. 7. Международная экономика / отв. ред. Киреев А. П., Матвеев В. Д. – СПб.: «Экономическая школа» ГУ ВШЭ, 2011. – С. 45–56. – URL: https://seinst.ru/files/SE7P45_55.pdf.

301. Соложенцев Е. Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2006. – 530 с.

302. Alcamo J. et al. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment / Millennium Ecosystem Assessment. – Washington, Covelo. London: Island Press, 2003. – xiii, 266 p.

303. Осипова Е. А. Теория и практика социального брендинга. Ценностные аспекты создания брендов в социальной сфере: Учебное пособие. – М.: ИПК госслужбы, 2009. – 156 с.

304. Granovetter M. Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness // American Journal of Sociology. – 1985. – Vol. 91. – P. 481–510.

305. World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography // World Bank. 2009. – URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/599>

306. Krugman P. R. Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade // American Economic Review. – 1980. – N 70(5). – P. 950–959.

307. Fujita M., Mori T. Frontiers of the New Economic Geography // Published in IDE Discussion Paper. – 2005. – N 27. – P. 377–405.

308. Эшби У. Р. Конструкция мозга. – М.: Изд-во Иностранная литература, 1962. – 399 с.

309. Эшби У. Р. Введение в кибернетику: Механизм. Разнообразие. Регулирование и управление / под ред. В. А. Успенского. – М.: КомКнига, 2006. – 432 с.

310. Мазалов В. В., Менчер А. Э., Токарева Ю. С. Переговоры. Математическая теория. – СПб.: Изд-во Лань, 2012. – 304 с.
311. Аузан А. Экономика всего. Как институты определяют нашу жизнь. – М.: Манн, Иванов и Фарбер, 2017. – 192 с.
312. Эндрес А., Квернер И. Экономика природных ресурсов. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.
313. Тихонов А. Н., Гончарский А. В., Степанов В. В., Ягола А. Г. Численные методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1990. – 232 с.
314. Самарский А. А. Теория разностных схем: учебное пособие. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1977. – 656 с.
315. Пласкова Н. С. Экономический анализ: учебник. – М.: Эксмо, 2009. – 704 с.
316. Mustafin A., Kantarbayeva A. Opening the Leontief's black box // *Heliyon* 4. – 2018. – P. 00626. DOI: 10.1016 /j.heliyon.2018.e00626.
317. Математическое и программное обеспечение задач управления агроэкосистемами: Сб. науч. трудов / ВАСХНИЛ, Агрофиз. НИИ. – Л., 1990. – 162 с.
318. Толстогузов О. В., Полуэктов Р. А. Моделирование продукционно-го процесса растений в условиях недостаточной аэрации почвы // Доклады ВАСХНИЛ. – 1992. – № 3.
319. Волкова С. Н., Муха Д. В. Моделирование и прогнозирование эволюционных процессов в социально-экологических системах. – 3-е изд. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. академии, 2011. – 153 с.
320. Волкова С. Н., Сивак Е. Е., Пашкова М. И. и др. Анализ динамики регионального развития экосистем // *Региональный вестник*. – 2016. – № 1. – С. 33–37.
321. Волкова С. Н., Сивак Е. Е., Бакаева Н. В. и др. Анализ динамики развития экосистемы города и условий формирования безопасной и комфортной городской среды // *Экология урбанизированных территорий*. – 2016. – № 1. – С. 35–43.
322. Толстогузов О. В., Белых А. Д. Исследование интеллектуального потенциала российских регионов и оценка их резилентности // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. – 2021. – № 3. – 6706 с.
323. Tolstoguzov O. V., Belykh A. D. Network Intelligence as a Necessity of the New Time // *International Journal of Emerging Trends in Social Sciences*. – 2021. – N 10(2). – P. 61–74. DOI:10.20448/2001.102.61.74.

324. Abraham F. D. The dynamics of creativity and the courage to be / Eds. Sulis W. and Combs A. // *Nonlinear dynamics in human behavior. Studies of nonlinear phenomena in life science.* – Singapore: World Scientific, 1996. – P. 364–400. DOI: 10.1142/9789812830005_0019.

325. Abraham F., Mitina O., Houston D. Chaos theory and the Internet in the postmodern era // *Computerra.* – 2000. – N 28. – P. 357. – URL: <http://www.kinnet.ru/cterra/357/38.html>. (Accessed 18 Aug. 2020).

326. Климонтович Ю. Л. Турбулентное движение и структура хаоса: новый подход к статистической теории открытых систем. – М.: Наука, 1990. – 320 с.

327. Klimontovich Yu. L. Boltzmann-Gibbs Entropy as a Measure of Order in Self-Organizing (Synergetic) Systems / Eds. Graham R., Wunderlin A. *Lasers and Synergetics. Springer Proceedings in Physics.* – Springer, Berlin, Heidelberg, 1987. – Vol. 19. DOI: 10.1007/978-3-642-72758-0_9.

328. Chavanis P.-H., Sommeria J. Statistical mechanics of the shallow water system // *Physical Review.* – 2002. – Vol. 65. – P. 026302.

329. Martyushev L. M., Seleznev V. D. Maximum entropy production principle in physics, chemistry and biology // *Physics Reports.* 2006. – Vol. 426, N 1. – P. 1–45. DOI: 10.1016/j.physrep.2005.12.001.

330. Попков Ю. С. Макросистемные модели пространственной экономики. – М.: КомКнига, 2013. – 240 с.

331. Забелина И. А., Клевакина Е. А. Система индикаторов для оценки качества роста региональных экономик // *Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экон. Экол.* – 2014. – № 6(29) – С. 23–32. DOI: 10.15688/jvolsu3.2014.6.3.

332. Рюмина Е. В., Аникина А. М. Экологически скорректированная оценка экономического развития регионов // *Проблемы прогнозирования.* – 2009. – Т. 113, № 2. – С. 78–94.

333. Рюмина Е. В. Экологически скорректированный ВВП: сферы использования и проблемы оценки // *Экономика региона.* – 2013. – № 4. – С. 107–115.

334. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1989. – 608 с.

335. Дымов А. А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах на почвы (обзор) // *Почвоведение.* – 2017. – № 7. – С. 787–798.

336. Лаптева Е. М., Втюрин Г. М., Бобкова К. С. и др. Изменение почв и почвенного покрова еловых лесов после сплошнолесосечных рубок // *Сибирский лесной журнал.* – 2015. – № 5. – С. 64–76.

337. Осипов А. Ф. Эффект сплошной рубки среднетаежного сосняка черничного на эмиссию CO₂ с поверхности почвы // *Всерос. науч. конф.*

с междунар. участием «Лесные почвы и изменение климата», 21–24 сентября. – М.: ЦЭПЛ РАН, 2021. – С. 153–154.

338. Samec P., Kučera A., Tomášová G. Soil Degradation Processes Linked to Long-Term Forest-Type Damage / Eds. Samec P. // *Forest Degradation Under Global Change*. – London, UK: InTechOpen, 2022. DOI: 10.5772/intechopen.106390.

339. Мальшева Н. В., Моисеев Б. Н., Филипчук А. Н., Золина Т. А. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчетов годичного депонирования углерода // *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*. – 2017. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-balansa-ugleroda-v-lesnyh-ekosistemah-i-vozmozhnosti-ih-ispolzovaniya-dlya-raschetov-godichnogo-deponirovaniya-ugleroda> (дата обращения: 05.12.2022).

340. Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Честных О. В. Динамика баланса углерода в лесах федеральных округов Российской Федерации // *Вопросы лесной науки*. – 2018. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-balansa-ugleroda-v-lesah-federalnyh-okrugov-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 05.12.2022).

341. Bernal S., Hedin L. O., Likens G. E., Gerber S., Buso D. C. Complex response of the forest nitrogen cycle to climate change // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2012. – N 109. – P. 3406–3411. DOI: 10.1073/pnas.1121448109.

342. Richter D. B., Mobley M. L. Monitoring Earth's critical zone // *Science*. – 2009. – N 326. – P. 1067–1068. DOI: 10.1126/science.1179117.

343. Kučera A., Samec P., Bajer A., Skene K. R., Vichta T., Vranová V. et al. Forest soil water in landscape context / Eds. Datta R., Meena R. S. // *Soil Moisture Importance*. – London, UK: InTechOpen, 2021.

344. Bergstrom D. M., Wienecke B. C., Van den Hoff J. et al. Combating ecosystem collapse from the tropics to the Antarctic // *Global Change Biology*. – 2021. – N 27. – P. 1692–1703. DOI: 10.1111/gcb.15539.

345. Квоты на выбросы углерода с 2020 года подорожали на 30 % // *Интерфакс*. – 2020. – 24 дек. – URL: <https://www.interfax.ru/business/742887>.

346. Brewer P., Venaik S. The ecological fallacy in national culture research // *Organization Studies*. – 2014. – Vol. 35, N 7. – P. 1063–1086.

347. Maitland C. F. & Bauer J. M. National level culture and global diffusion: the case of the Internet // *Culture, technology, communication: towards an intercultural global village*. – 2001. – P. 87–130.

348. Клименок О. Н. Развитие агропромышленного комплекса северных территорий России // *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии*. – 2017. – № 12(ч. 9). – С. 1078–1083.

349. Кудеяров В. Н., Курганова И. Н. Дыхание почв России. Анализ базы данных многолетнего мониторинга. Общая оценка // Почвоведение. – 2005. – № 9. – С. 1112–1121.

350. Larionova A. A. et al. Land use change and management effects of carbon sequestration in soils of Russia's South Taiga zone // Tellus. – 2003. – Vol. 55. – P. 331–337.

351. Фомин Д. С. Постагрогенная трансформация структурного состояния черноземов Курской области под лесными насаждениями: Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – М., 2022. – URL: <https://www.dissercat.com/content/postagrogennaya-transformatsiya-strukturnogo-sostoyaniya-chnozemov-kurskoi-oblasti-pod-les>.

352. Воронин А. Д. Структурно-функциональная гидрофизика почв. – М.: Изд-во Московского университета, 1984. – С. 204.

353. Amezketa E. Soil aggregate stability: a review // Journal of sustainable agriculture. – 1999. – Vol. 14, N 2–3. – P. 83–151.

354. Amezketa E. et al. Macroand microaggregate stability of soils determined by a combination of wet-sieving and laser-ray diffraction // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2003. – N 4. – P. 83–94.

355. Rabot E. et al. Soil structure as an indicator of soil functions: A review // Geoderma. – 2018. – Vol. 314. – P. 122–137.

356. Левковский Е. В., Губер А. К. Расчет дифференциальной пористости на основе свойств твердой фазы почвы // Вестник ОГУ. – 2008. – № 85. – С. 108–113.

357. Savage S. L. The Flaw of Averages: Why We Underestimate Risk In the Face of Uncertainty. – Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc., 2012.

Краткие сведения об авторах

Геникова Надежда Васильевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории динамики и продуктивности таежных лесов Института леса Карельского научного центра РАН

Дубровина Инна Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии и географии почв Института биологии Карельского научного центра РАН

Карпечко Анна Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории динамики и продуктивности таежных лесов Института леса Карельского научного центра РАН

Кулакова Любовь Михайловна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник отдела региональной экономической политики Института экономики Карельского научного центра РАН

Мамай Анастасия Витальевна – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории лесного почвоведения Института леса Карельского научного центра РАН

Медведева Мария Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией лесного почвоведения Института леса Карельского научного центра РАН

Мошкина Елена Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории лесного почвоведения Института леса Карельского научного центра РАН

Сидорова Валерия Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории экологии и географии почв Института биологии Карельского научного центра РАН

Туюнен Андрей Владимирович – научный сотрудник лаборатории ландшафтной экологии и охраны лесных экосистем Института леса Карельского научного центра РАН

Толстогузов Олег Викторович (научный руководитель проекта РФФИ «Экономическая оценка изменения режима землепользования на основе баланса углерода в экосистемах Европейского Севера») – кандидат физико-математических наук, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник отдела региональной экономической политики Института экономики Карельского научного центра РАН

Научное издание

**КАРБОНОВЫЙ ВЕКТОР
ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ЭКОНОМИКИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА**

*Печатается по решению Ученого совета
Института экономики КарНЦ РАН*

Редактор *М. А. Радостина*
Оригинал-макет *Н. Н. Сабанцева*

Подписано в печать 08.06.2023. Формат 60×84¹/₁₆.
Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 14,5. Усл. печ. л. 16,04.
Тираж 300 экз. Заказ № 765.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Редакционно-издательский отдел
185030, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50

