

7. Turchina T. A., Bannikova O. A. Rootiness and features of the growth of Crimean pine on the sands of the middle don with different availability of groundwater // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2019. V. 15. № 3. Pp. 74-80.
8. Shinkarenko S. S., Tkachenko N. A., Yuferev V. G. Geo-information analysis of the economic development of the Don River basin // Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2022. № 3. Pp. 73-86.
9. Shulgin M. V., Vlasenko M. V. The hydrological role of forest plantations in the formation of the water resources regime // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippova. 2021. № 1 (62). Pp. 144-152.
10. Hartmann A. The Hydrology of Groundwater Systems // Encyclopedia of Inland Waters. 2022. V. 3. Pp. 324-330.
11. Kulik A. K., Balkushkin R. N. Water regime types of the sand massifs of the Don river // Arid ecosystems. 2022. V. 1. № 4. Pp. 374-381.
12. Nan Ma, Shuang Su, Xiaoyu Li Image Classification Based on Color Style. Santa Clara University, 2016. 25 p. <https://github.com/susiesu2/ColorStyleClassification>.
13. Vlasenko M. V., Tyutyuma N. A. Productivity of pastoral ecosystems on the sand lands of the south of the European part of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects". 2020. P. 012079.
14. Water-regime formation in sands of the Archeda–Don massif with respect to the distribution of plant formations / Kulik A.K., Kulik K.N., Vlasenko M.V., Sukhorukikh Y.I., Biganova S.G. // Arid ecosystems. 2021. Vol. 11. № 4. Pp. 358-366.
15. World Water Quality Alliance. Assessing Groundwater Quality: A Global Perspective: Importance, Methods and Potential Data Sources. A report by the Friends of Groundwater in the World Water Quality Alliance // Information Document Annex for display at the 5th Session of the United Nations Environment Assembly. Nairobi, 2021. 60 p.

Информация об авторе

Кулик Алексей Константинович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии агролесоландшафтов, ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.ru.

Authors Information

Kulik Aleksey Konstantinovich, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Candidate of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5927-7336>, e-mail: kulikak79@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14

PRINCIPLES OF REGULATION OF FLOWS AND BALANCE OF BIOGENIC ELEMENTS ON RECLAIMED LANDS

M. N. Lytov

*Volgograd branch of the Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research
Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 05.06.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

The problem of regulation of flows and balance of biogenic elements on reclaimed agricultural lands is considered. The principles of regulating the flows of biogenic elements have been developed, which allow us to form fundamental positions that give a fairly clear idea of the direction in which to search for effective technologies and ways to manage the balance.

Abstract

Introduction. The relevance of research is determined by the global problem of providing food to the growing population of the earth and the contradictions that arise in an effort to solve this problem at the expense of the planet's natural resources. Regulation of the flows of biogenic elements is a powerful tool that allows increasing the productivity of agrophytocenoses, controlling all aspects of soil-forming processes, and preventing environmental pollution. Systematic work with regulators of biogenic element flows should proceed from scientific knowledge of the mechanisms of their formation, dynamics, accumulation, expenditure, etc. And in this regard, it is necessary to make maximum use of all scientific developments, the laws of agriculture, the physical features of the formation of processes. But general rules must also be developed - principles according to which regulators will have to work in order to preserve the continuity of local goals and a global strategy for the harmonious development of nature and man. The purpose of this study is to develop principles for regulating the balance of biogenic elements on reclaimed lands. **Object.** The object of research is the flows and balance of biogenic elements on reclaimed agricultural lands, considered as a factor of productivity of agrophytocenoses and expanded reproduction of soil fertility. **Materials and methods.** The principles should be properly justified and extremely clear, axiomatic, and do not require complex, abstract proofs. Here, the «idealization» of the main provisions that will be included in the formulation of the principle is largely welcomed. The need for full compliance with the principle is not canonized, but the vector of striving for the "ideal" is indicated. For all its "philosophical" nature, the principles should proceed from a physical understanding of objective reality, a physical representation of objects, systems, and relationships. **Results and conclusions.** The research has developed the principles of regulating the flows of biogenic elements, which allow us to form fundamental positions that give a fairly clear idea of the direction in which to search for effective technologies and ways to manage the balance. The research has proposed formulations of the principle of the objective necessity of regulating the flows of biogenic elements, the principle of naturalness, the principle of balanced turnover of substances, the principle of temporary and deferred action, the principle of dynamic equilibrium, the principle of responsibility for the impact, the principle of limiting regulatory action, the principle of waste-free system. The use of these principles, the desire to comply with their theses in the development of practical ways to regulate the flows of biogenic elements can become the system basis that will help create technologies that are organically integrated into natural ecosystems.

Key words: *biogenic elements, reclaimed lands, flow regulation, principles of regulation, soil fertility, productivity of agrophytocenoses.*

Citation. Lytov M. N. Principles of regulation of flows and balance of biogenic elements on reclaimed lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 141-152 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution of work or analysis of experimental data. All authors have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.41:631.81.036

ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ И БАЛАНСА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Актуальность исследований предопределяется глобальной проблемой обеспечения продовольствием растущего населения Земли и теми противоречиями, которые возникают в стремлении решить эту проблему за счет естественных природных ресурсов планеты. Регулирование потоков биогенных элементов является мощнейшим инструментом, поз-

воляющим увеличить продуктивность агрофитоценозов, контролировать все аспекты почвообразовательных процессов, предотвращать загрязнение окружающей среды. Системная работа с регуляторами потоков биогенных элементов должна исходить из научного знания механизмов их формирования, динамики, накопления, расходования и т.д. И в этом плане необходимо максимально использовать все научные наработки, законы земледелия, физические особенности формирования процессов. Но должны быть разработаны и общие правила – принципы, в соответствии с которыми должны будут работать регуляторы, чтобы сохранять неразрывность локальных целей и глобальной стратегии гармоничного развития природы и человека. Целью настоящего исследования является разработка принципов регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных землях. **Объект.** Объектом исследований являются потоки и баланс биогенных элементов на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения, рассматриваемые в качестве фактора продуктивности агрофитоценозов и расширенного воспроизводства плодородия почвы. **Материалы и методы.** Принципы должны быть в должной мере обоснованы и предельно понятны, аксиоматичны и не требовать сложных, абстрактных доказательств. Здесь в значительной мере приветствуется «идеализация» тех основных положений, которые будут заключены в формулировку принципа. Необходимость всестороннего соблюдения принципа не канонизируется, но указывается вектор стремления к «идеалу». При всем своем «философском» характере принципы должны исходить из физического понимания объективной реальности, физического представления объектов, систем, взаимосвязей. **Результаты и выводы.** Исследованиями разработаны принципы регулирования потоков биогенных элементов, которые позволяют сформировать фундаментальные позиции, дающие достаточно ясное представление о том, в каком направлении вести поиск эффективных технологий, способов управления балансом. Исследованиями предложены формулировки принципа объективной необходимости регулирования потоков биогенных элементов, принципа природоподобия, принципа сбалансированного оборота веществ, принципа временного и отложенного действия, принципа динамического равновесия, принципа ответственности за воздействие, принципа ограничения регуляторного действия, принципа безотходности системы. Использование этих принципов, стремление к соответствию данным тезисам при разработке практических способов регулирования потоков биогенных элементов может стать той системной основой, которая поможет создавать технологии органично встраиваемые в природные экосистемы.

Ключевые слова: биогенные элементы, мелиорированные земли, плодородие почвы, продуктивность агрофитоценозов.

Цитирование. Лытов М. Н. Принципы регулирования потоков и баланса биогенных элементов на мелиорированных землях. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 141-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиорация земель, и в частности гидротехнические мелиорации, сопровождается существенным изменением условий почвообразования [2, 4, 15]. Учитывая глубину встраивания техногенных функций мелиоративной инженерии в биосферные процессы и многообразие действующих факторов, трансформация процессов почвообразования стала объективно сопутствующим фактором и на определенной части мелиорируемых земель является причиной их деградации [6, 7, 12, 15]. Процессы вторичного засоления, осолонцевания, уплотнения и разрушения почвенной структуры, дегумификации являлись и остаются значимыми факторами для орошаемых земель юга России. В значительной мере эти процессы неразрывно связаны с балансом биогенных элементов, формирующимся на мелиорированных землях, потоки которых находятся под непосредственным влиянием производных функций орошения. Учет потоков био-

генных элементов, их динамики, определяющей направленность всего многообразия почвенных процессов, является необходимым условием преодоления проблемы деградации почвы при орошении [3, 10, 11, 13, 16].

Реализуемые технологии, в том числе и гидромелиоративные, используемые при производстве сельскохозяйственной продукции, являются факторами влияния, в той или иной мере, определяющими динамику потоков биогенных элементов. Используя эти технологии при ясном представлении о том, как они влияют на динамику потоков биогенных элементов, можно уже говорить не о факторах влияния, а об инструментах для управления потоками, а следовательно, и для управления балансом. Сюда необходимо также включить те мероприятия, которые проводятся и с целью непосредственного регулирования баланса биогенных элементов. В совокупности это позволит сформировать систему регуляторов для комплексного регулирования потоков и баланса биогенных элементов. На данном этапе целью исследования является разработка принципов регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных землях.

Материалы и методы. К биогенным элементам относят все химические элементы, которые содержатся в живой материи и в той или иной степени участвуют в метаболических процессах, выполняют определенную функцию [1, 5, 8]. Биогенные элементы не чужды природе и биосфере в целом, но их потоки в естественной среде имеют определенную структуру, позволяющую поддерживать устойчивость системы в целом. Все направления деятельности человека, в том числе и в агросфере, оказывают существенное влияние на формирование потоков биогенных элементов их результирующего баланса. Это процесс объективный, равно как и то, что локальные цели изменения (или формирования новых) потоков биогенных элементов часто не складываются в глобальный вектор развития системы «человек-природа». Рабочей гипотезой исследований является предположение о возможности создания системы регуляторов, которая обеспечила бы баланс интересов в отношении «локальный – глобальный уровень», предоставляя формирование управляемых потоков биогенных элементов на основе глубокого научного знания и понимания природы вещей. Следует понимать, что увеличение продуктивности агрофитоценозов является локальной, но абсолютно необходимой целью, если мы говорим о развитии человечества. А сбалансированным решением будет системное увеличение потенциала продуктивности земель, когда рост их плодородия обеспечивает неуклонное повышение производительности агросферы.

Системная работа с регуляторами потоков биогенных элементов должна исходить из научного знания механизмов их формирования, динамики, накопления, расхода и т.д. И в этом плане необходимо максимально использовать все научные наработки, законы земледелия, физические особенности формирования процессов. Но должны быть разработаны и общие правила – принципы, в соответствии с которыми должны будут работать регуляторы, чтобы сохранять неразрывность локальных целей и глобальной стратегии гармоничного развития природы и человека.

Работа над принципами регулирования потоков биогенных элементов позволяет сформировать те фундаментальные позиции, опираясь на которые можно будет четко представлять, в каком направлении вести поиск эффективных технологий, способов управления балансом (рисунок 1).

В то же время, используя принципы, можно будет понять, какие риски можно ожидать при внедрении технологии, где те наиболее уязвимые места, на которые необходимо обратить особенно пристальное внимание.

Принципы должны быть в должной мере обоснованы и предельно понятны, аксиоматичны и не требовать сложных, абстрактных доказательств. Здесь в значительной мере приветствуется «идеализация» тех основных положений, которые будут заключе-

ны в формулировку принципа. Необходимость всестороннего соблюдения принципа не канонизируется, но указывается вектор стремления к «идеалу». При всем своем «философском» характере, принципы должны исходить из физического понимания объективной реальности, физического представления объектов, систем, взаимосвязей и т.д.

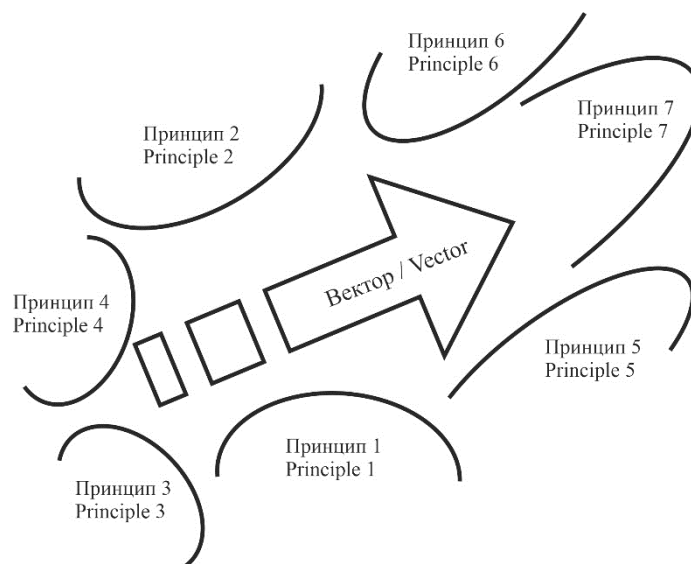


Рисунок 1 – Принципы определяют вектор развития технологий
Figure 1 – Principles determine the vector of technology development

Объектом исследований являются потоки и баланс биогенных элементов на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения, рассматриваемые в качестве фактора продуктивности агрофитоценозов и расширенного воспроизводства плодородия почвы. Предмет исследований – принципы регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения.

Результаты и обсуждение. Практический смысл «Принципов...» заключается в создании точек притяжения – направлений приоритетного развития технологий, так или иначе связанных с регулированием потоков биогенных элементов при производстве сельскохозяйственной продукции. Использование общих подходов позволяет сформировать сбалансированную модель регулирования потоков биогенных элементов на основе понятной системы приоритетов и ограничений. Принципы должны применяться во всем: в определении методов, механизмов, которые будут использоваться для регулирования потоков биогенных элементов, способов регулирования, при разработке нормативных документов, при создании сельскохозяйственных технологий. Вместе с тем работа над «Принципами...» должна быть открытой, и настоящая публикация это, прежде всего, приглашение к обсуждению, к высказыванию альтернативных мнений, критике в самом широком кругу научной общественности.

На текущий момент мы можем предложить следующие формулировки принципов регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных сельскохозяйственных землях.

1. Принцип объективной необходимости регулирования потоков биогенных элементов. Принцип исходит из признания объективной значимости антропогенного фактора в современном мире. Отделившись от животного мира и используя колоссальные успехи в техносфере, человек значительно расширил горизонты количественной экспансии своего вида. Те механизмы саморегуляции, которые природа использует в отношении всего разнообразия видов живого мира, в отношении человека работают слабо. Про-

порционально росту человечества усиливается и антропогенное воздействие на все компоненты биосферы. В отношении потоков биогенных элементов на освоенных, сельскохозяйственных землях этот фактор ничуть не менее объективен. Любая сельскохозяйственная деятельность, даже без использования удобрений, уже приводит к изменению потоков биогенных элементов, нарушая сложившееся динамическое равновесие, от которого зависит развитие системы в целом. Необходимо признать, что существуют принципиальные различия между естественными и природно-антропогенными (сельскохозяйственными) системами. В соответствии с теорией биотической регуляции естественная природная система – это выполняющая функцию поддержания жизни система определенного иерархического уровня, которая обладает способностью к саморегуляции, а также способна реагировать на изменение окружающей среды. В сельскохозяйственном производстве эта способность в значительной мере ослаблена, нарушена постоянными вливаниями ресурсов и энергии извне. Область устойчивости антропогенно преобразованной (освоенной) экосистемы при этом может смещаться, причем как в сторону развития, так и в сторону деградации. Также следует признать, что сельское хозяйство – необходимый фактор выживания человечества, а его интенсификация для удовлетворения растущих потребностей населения – объективный тренд современного мира. А так как потоки биогенных элементов в любой форме сельскохозяйственной деятельности априори изменяются, то задача их осознанного регулирования видится единственным разумным решением. Принцип утверждает объективную необходимость активного и осознанного участия человека в регулировании потоков биогенных элементов при осуществлении сельскохозяйственной деятельности.

2. Принцип природоподобия. Принцип определяет необходимость использования приемов регулирования баланса биогенных элементов, максимально копирующих процессы, свойственных естественной природной среде. В естественной природной среде все протекающие процессы сбалансированы и поддерживают экосистему на определенном уровне. Эта сбалансированность в значительной мере определяется и той совокупностью механизмов, которые реализуют протекающие процессы, которые в конечном итоге определяют круговорот веществ и биогенных элементов. Внедрение нового механизма регуляции потоков нарушает баланс биосферных процессов. Собственно, такой механизм сам по себе, являясь чуждым системе, не может интегрироваться в процессы саморегуляции, которые так важны для природных экосистем и, вообще говоря, для антропогенно измененных агроэкосистем тоже. Кроме того, использование нового механизма регуляции баланса биогенных элементов, является мощным фактором влияния на всю совокупность протекающих процессов, и каково будет это влияние, с уверенностью предсказать довольно сложно. Принцип предполагает предпочтительность использования известных природе механизмов регуляции потоков биогенных элементов.

3. Принцип сбалансированного оборота веществ. В природе все компоненты биогеоценоза формируют естественный устойчивый баланс, определяющие развитие системы в целом. Процессы почвообразования и рост биомассы также естественным образом сбалансированы: потребление питательных веществ определяет рост биомассы, которая затем непосредственно или опосредованно, с привлечением животного мира, возвращается в почву, обогащая ее биогенными элементами и органикой, активизируя почвообразовательные процессы (рисунок 2).

В агроэкосистемах эти устойчивые связи нарушаются, и хотя первоначальный посыл вроде и положительный, так как агроприемы направлены на увеличение биомассы, но эта биомасса отчуждается, не возвращается в почву. Кроме того, многие приемы

способствуют активизации процессов минерализации гумуса и баланс оборота веществ, тысячелетиями сохраняющий устойчивость в природной среде, коренным образом нарушается. Принцип сбалансированного оборота веществ предполагает восстановление положительных взаимосвязей и сбалансированного развития системы «повышение плодородия почвы – рост биомассы – повышение плодородия почвы».

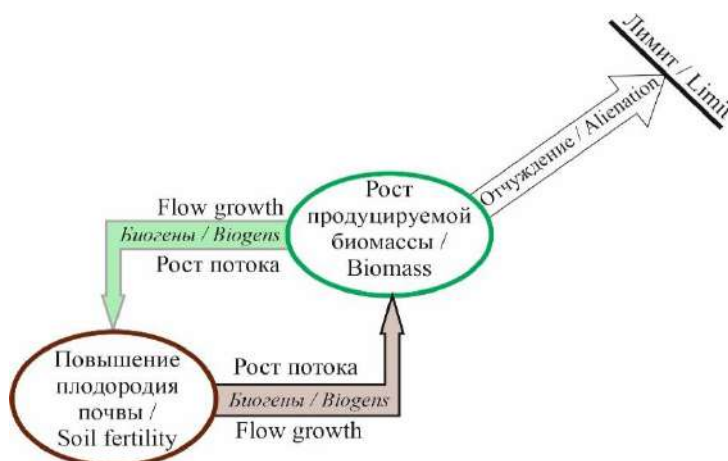


Рисунок 2 – Сбалансированная интенсификация
Figure 2 – Balanced intensification

4. Принцип временного и отложенного действия. Данный принцип исходит из того, что любая система, – а любой биогеоценоз нельзя воспринимать иначе, как системе, – имеет область устойчивого равновесия. Попытка регуляторного воздействия, в том числе при регулировании потоков биогенных веществ, является возмущающим фактором, выводящим систему из данной области. Однако, согласно теории устойчивости систем, при прекращении действия внешнего возмущающего фактора (регулятора в данном случае) система возвращается в прежнюю область устойчивого равновесия. На самом деле процесс этот более сложен, возможны так называемые «качели», когда система на время переходит в точку «ниже» области устойчивого равновесия, то есть временно имеем обратный эффект, но в итоге колебания постепенно затухают. Система оказывается в исходной позиции – если только воздействия (регуляторное действие) не продолжается. То есть если мы хотим сохранить «эффект», то регуляторное действие не должно прекращаться. Но, с другой стороны, должен ли сохраняться объем (мощность) этого регуляторного действия. Если речь идет о регуляции потоков и баланса биогенных веществ, то следует учитывать такой фактор, как отложенное действие. Допустим, регулятор вводит определенный объем биогенного элемента в систему, который предположительно должен использоваться на формирование урожая культуры. Однако часть этого элемента закрепляется в почве, часть расходуется на питание почвенной микробиоты, часть может возвращаться с неотчуждаемыми растительными остатками. И если это количество элемента больше того объема, который потребляется из почвы, – совместно с предоставляемыми регулятором ресурсами, то в следующий раз объем регуляторного действия может быть меньше. Только в этом случае можно считать, что система движется к новой области устойчивости (рисунок 3).

В противном случае, если потребность в объеме регуляторного действия возрастает, область устойчивости системы размывается, система теряет способность к саморегулированию. Следует понимать, что последнее зависит не только от объема регуляторного действия, но и от того в какой форме это действие реализуется, от массы со-

путствующих факторов. Принцип временного и отложенного действия полагает, что регуляторное действие может неоднократно повторяться, но его объем должен неуклонно сокращаться или как минимум не возрастать.

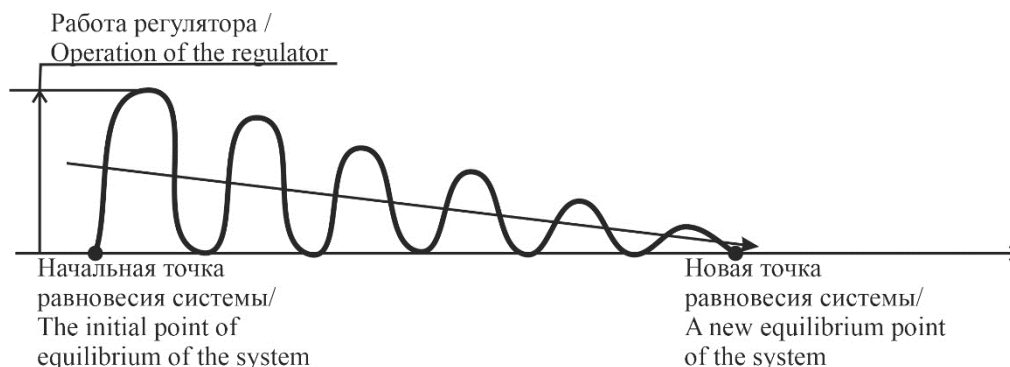


Рисунок 3 – Развитие системы: от равновесия к равновесию
Figure 3 – Development of the system: from equilibrium to equilibrium

5. Принцип динамического равновесия. Если данную формулировку рассматривать с позиции потоков и баланса биогенных элементов, а также их регулирования для повышения плодородия почвы и продуктивности биоценозов, важным может быть следующее. Предположим, что целью регулятора в отношении какого-либо биогенного элемента (комплекса элементов) является повышение объемов его доступных форм для последующего потребления сельскохозяйственными растениями. Первым напрашивающимся действием будет внесение этого объема биогенного элемента в доступной форме, алгебраическое прибавление. Однако внесенный таким образом объем элемента в лучшем случае израсходуется на питание растения. Можно ли в этом случае говорить о повышении плодородия почвы? Конечно, можно вспомнить про актуальное плодородие, но с тем же успехом можно говорить о повышении актуального плодородия субстрата при выращивании культур на гидропонике. Значительно более вероятно, что внесенный объем «доступного» биогенного элемента окажет влияние на все почвенные процессы, причём совсем не обязательно в благоприятную сторону. Вот эти «процессы», во всем их многообразии протекающие в почве и находящиеся в определенном динамическом равновесии, существенно более важны для плодородия почвы, чем физический объем привнесенного биогенного элемента. И если этот добавочный объем биогенного элемента в доступной растениям форме образуется в результате баланса всех протекающих в почве процессов и этот эффект не однократен, а повторяется на регулярной основе, то в этом случае уже можно говорить о повышении плодородия почвы. Принцип динамического равновесия полагает предпочтительным не физическое добавление доступной растениям формы биогенного элемента в почву, а такие регуляторные действия, в результате которых баланс всей совокупности почвенных процессов обеспечит «выделение» дополнительного объема этого элемента в доступной растением форме.

6. Принцип ответственности за воздействие. Данный принцип исходит из того что каждое действие (воздействие) имеет последствия. Агроэкосистемы по своей сути являются устойчивыми, саморегулирующимися системами. И это крайне важно не только для их нормального функционирования, но и вообще для сохранения жизни на земле. Вступая в производственные отношения с использованием земельных ресурсов, всегда главным считаем эффективность производства – повышение объемов продукции, снижение себестоимости и т.д. И объективно существует соблазн совершить такое

«воздействие», которое бы, коренным образом, максимально, в наибольшей степени повысило бы эффективность производства. Это касается не только, собственно, производства, но и науки. Найти такой способ, разработать такую технологию, использовать такое вещество, которое бы кардинально повысило продуктивность земель, – чем не мечта ученого. Однако следует помнить, что чем больший эффект дает «способ», «технология», «вещество», тем сильнее оно воздействует на агроэкосистему, тем глубже оно интегрируется в природные процессы. И тем более тщательно его нужно изучать, чтобы не пропустить негативные эффекты, которые могут быть такими же сильными и даже катастрофическими. Принцип ответственности за воздействие полагает, что чем большую эффективность показывает технология (способ, вещество), тем с большей внимательностью и осторожностью к ней стоит относиться.

7. Принцип ограничения регуляторного действия. Одной из важнейших побудительных причин регулирования потоков биогенных элементов является увеличение концентрации доступных растениям питательных элементов (азота, фосфора, калия, мезо- и микроэлементов, и т.д.) в корнеобитаемой зоне. Однако с увеличением концентрации любого химического элемента возрастает риск его миграции в соседние и отдаленные зоны, вовлечения в круговороты, где избыток элемента, в том числе, может оказывать влияние на экологию окружающей среды. Такого рода риск существенно возрастает, если концентрация биогенного элемента становится больше поглотительной способности почвы. Уровень полезного использования биогенного элемента, концентрация которого выше поглотительной способности почвы, существенно снижается, скачкообразно возрастают миграционные процессы, усиливая давление на природные антропогенно преобразованные экосистемы. Регуляторное действие в этом случае становится избыточным. Принцип ограничения регуляторного действия предполагает установление диапазона допустимого воздействия регулятора на потоки (поток) биогенных элементов для ограничения накопления их (его) в концентрации, превышающей поглотительную способность почвы.

8. Принцип безотходности системы. Принцип полагает необходимость четкого понимания того, как будут использоваться те дополнительные объемы потоков биогенных элементов, которые формируются за счет действия регулятора (технологии-регулятора). Общий подход активизации локальных круговоротов вещества и минимизации влияния на большой геологический круговорот, используемый в мелиорации, в полной мере актуален и для технологий, регулирующих потоки биогенных элементов. При этом в рамках локального круговорота биогенных элементов должны быть установлены все потребители и источники формирования потоков. Согласно принципу предполагается, что при изменении потока биогенных элементов в результате действия регулятора не должен быть превышен тот предельный объем, который могут утилизировать потребители в стандартных для системы условиях. С другой стороны, источники формирования потоков биогенных элементов, если они входят в состав системы, не должны быть обеднены до уровня, который сопровождается развитием деградационных процессов. В качестве примера можно привести процессы минерализации органического вещества, которые позволяют формировать доступные резервы азота, но при избыточной активизации могут привести и к потере гумуса. Избыточное продуцирование (внесение) биогенного элемента в объемах, превышаемых возможности утилизации потребителями, является фактором вовлечения элемента в большой геологический круговорот.

Выводы. Регулирование потоков биогенных элементов является объективной необходимостью и одним из основных факторов, определяющих суммарный вектор почвообразовательных процессов, расширенного воспроизводства плодородия почвы и повышения продуктивности

агрофитоценозов. Это работу крайне важно проводить на системной основе, чтобы результаты регулирования потоков биогенных элементов отвечали не только локальным целям, но и решали комплексные задачи, повышения плодородия почвы и продуктивности агрофитоценозов, вовлечение регулируемых биогенов только в малые, биохимические круговороты, экономии и рационального использования ресурсов и т.д. Разработаны принципы регулирования потоков биогенных элементов, которые позволяют сформировать фундаментальные позиции, дающие достаточно ясное представление о том, в каком направлении вести поиск эффективных технологий, способов управления балансом. Исследованиями предложены формулировки принципа объективной необходимости регулирования потоков биогенных элементов, принципа природоподобия, принципа сбалансированного оборота веществ, принципа временного и отложенного действия, принципа динамического равновесия, принципа ответственности за воздействие, принципа ограничения регуляторного действия, принципа безотходности системы. Использование этих принципов, стремление к соответствию их тезисам при разработке практических способов регулирования потоков биогенных элементов может стать той системной основой, которая поможет создавать технологии, органично встраиваемые в природные экосистемы.

Conclusions. The regulation of nutrient fluxes is an objective necessity and one of the main factors determining the total vector of soil-forming processes, expanded reproduction of soil fertility and increased productivity of agrophytocenoses. It is extremely important to carry out this work on a systematic basis, so that the results of regulating the flow of nutrients meet not only local goals, but solve complex problems, such as increasing soil fertility and productivity of agrophytocenoses, involving regulated nutrients only in small, biochemical cycles, saving and rational use of resources and etc. The principles of regulating the flow of biogenic elements have been developed, which make it possible to form fundamental positions that give a fairly clear idea of the direction in which to search for effective technologies and ways to manage the balance. Researchers have proposed formulations of the principle of the objective need to regulate the flow of nutrients, the principle of nature-likeness, the principle of a balanced circulation of substances, the principle of temporary and delayed action, the principle of dynamic balance, the principle of responsibility for the impact, the principle of limiting the regulatory action, the principle of wastelessness of the system. The use of these principles, the desire to comply with their theses in the development of practical methods for regulating the flow of biogenic elements can become the systemic basis that will help create technologies that are organically embedded in natural ecosystems.

Библиографический список

1. Аветисян М. Г. Трансформация органического вещества и биогенных элементов почв, вызванная антропогенной деятельностью // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 34-38.
2. Агробиологические приемы восстановления плодородия деградированных орошаемых земель юго-востока Казахстана / А. С. Досжанова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2023. № 2. С. 14-28.
3. Алиярова Ш. Т., Омариев Ш. Ш. К вопросу теоретической основы управления плодородием почв // Известия Дагестанского ГАУ. 2023. № 1 (17). С. 12-16.
4. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель Юга России // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 168-185.
5. Бгатов А. В. Биогенная классификация химических элементов // Философия науки. 1999. № 2 (6). С. 8.
6. Влияние степени засоления почв и применения биопрепарата на продуктивность кукурузы / М. Н. Пошанов [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 1. С. 44-56.
7. Волокитин М. П. Агроэкологические аспекты мелиорации аридных почв // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 2-9 (7). С. 134-138.
8. Груздев В. С., Сулов С. В., Хрусталева М. А. Миграция химических элементов в компонентах антропогенно-преобразованных ландшафтов водосборов // Проблемы региональной экологии. 2019. № 6. С. 86-88.

9. Конуров Б. И., Лобковский В. А., Смирнов А. Я. Концепция эффективного природопользования в аспекте устойчивого развития // Проблемы региональной экологии. 2013. № 3. С. 136-143.

10. Модель управления агрохимическими свойствами почв для условий центрального Черноземья / О. Г. Чуян, Г. М. Дериглазова, Л. Н. Караулова, О. А. Митрохина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 88-96.

11. Пашков С. В., Байбусинова С. Б. Природно-агрогенная обусловленность плодородия почв северного Казахстана // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т. 23. № 2. С. 16-27.

12. Пронько Н. А. Проблемы орошаемого земледелия Поволжья и их решение // Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 24-30.

13. Савинова А. А., Фалынскова Н. П. Биогенные элементы в окружающей среде и в живых организмах // Инновационная наука. 2021. № 5. С. 25-28.

14. Черемисин А. Ю., Барин В. Н., Трухина Н. И. Взаимосвязи природы, общества, производства и экономики // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2019. № 1 (8). С. 8-15.

15. Jafarov V., Mustafaev Z. Effectiveness of applying fertilizers under watermelon on the meadow-grey soils in mugan-salyan zone // Bulletin of Science and Practice. 2023. V. 9. № 2. P. 98-106.

16. Nurmanov E. T., Khamzina B. N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. № 1-1 (116). Pp. 62-72.

References

1. Avetisyan M. G. Transformation of organic matter and biogenic elements of soils caused by anthropogenic activities // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2018. № 4. Pp. 34-38.

2. Agrobiological techniques for restoring fertility of degraded irrigated lands of southeastern Kazakhstan / A. S. Doszhanov [et al.] // Soil science and agrochemistry. 2023. № 2. P. 14-28.

3. Aliyarova Sh. T., Omariyev Sh. Sh. On the theoretical basis of soil fertility management // Izvestia of the Dagestan GAU. 2023. № 1 (17). Pp. 12-16.

4. Babichev A. N., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. Features of changing the reclamation state and soil fertility during regular irrigation and in the post-reclamation period of the lands of Southern Russia // Reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 2. Pp. 168-185.

5. Bgatov A. V. Biogenic classification of chemical elements // Philosophy of science. 1999. № 2 (6). P. 8.

6. Influence of soil salinity and biologics application on corn productivity / M. N. Poshanov [et al.] // Soil science and agrochemistry. 2021. № 1. Pp. 44-56.

7. Volokitin M. P. Agroecological aspects of the reclamation of arid soils // National Association of Scientists. 2015. № 2-9 (7). Pp. 134-138.

8. Gruzdev V. S., Suslov S. V., Khrustaleva M. A. Migration of chemical elements in components of anthropogenic transformed watershed landscapes // Problems of regional ecology. 2019. № 6. Pp. 86-88.

9. Konurov B. I., Lobkovsky V. A., Smirnov A. Ya. The concept of effective environmental management in terms of sustainable development // Problems of regional ecology. 2013. № 3. P. 136-143.

10. Model of managing the agrochemical properties of soils for the conditions of the central Black Earth Region / O. G. Chuyan, G. M. Deriglazov, L. N. Karaulov, O. A. Mitrokhin // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 8. Pp. 88-96.

11. Pashkov S. V., Baybusinova S. B. Natural and agrogenic condition of soil fertility in northern Kazakhstan // Bulletin of Transbaikal State University. 2017. V. 23. № 2. Pp. 16-27.

12. Pronko N. A. Problems of irrigated agriculture in the Volga region and their solution // Agricultural Scientific Journal. 2022. № 11. Pp. 24-30.

13. Savinova A. A., Falynskova N. P. Biogenic elements in the environment and in living organisms // Innovative science. 2021. № 5. Pp. 25-28.

14. Cheremisinov A. Yu., Barinov V. N., Trukhina N. I. Relationships of nature, society, production and economics // Models and technologies of environmental management (regional aspect). 2019. № 1 (8). Pp. 8-15.

15. Jafarov V., Mustafaev Z. Effectiveness of applying fertilizers under watermelon on the meadow-grey soils in mughan-salyan zone // Bulletin of Science and Practice. 2023. V. 9. № 2. P. 98-106.

16. Nurmanov E. T., Khamzina B. N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. № 1-1 (116). Pp. 62-72.

Информация об авторе

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. директора, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Authors Information

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Acting director, Volgograd branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov» (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15

VITALITY OF PINE PLANTATIONS WITHIN THE CITY OF BARNAUL

A. A. Malinovskikh, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor*

A. S. Chichkarev, *assistant of the department*

*Altai State Agricultural University
Barnaul, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: almaal1976@yandex.ru

Received 16.03.2023

Submitted 15.08.2023

The study was carried out as part of the implementation of project of the Russian Science Foundation № 23-26-00198

Summary

The article presents the results of assessing vitality of pine plantations under long-term recreational load. The research results showed that the relative vitality of forest stands and undergrowth is characterized as damaged and weakened, regardless of the type of forest. The results can be used to develop recommendations for forest management in suburban forests.

Abstract

Introduction. The rapid growth of cities, the increase in the proportion of the urban population brought to the fore the problems of urban ecology and environmental protection. The preservation of natural forests and the creation of protective green spaces in and around the city contributes to a more comfortable and ecological living. A large amount of research on forest plantations is carried out in densely populated regions of the world within urban limits, as well as in suburban forests. **Object.** The object of the study is pine plantations in fresh and grassy forests subject to recreational load. **Materials and methods.** The work was carried out in the forest reserve of the Barnaul forestry, located within the urban district of Barnaul. At 12 permanent sample plots, the stages of recreational digression, taxation and vitality of the forest stand were assessed, the study of natural regeneration of the forest using methods generally accepted in the forest science was carried out. **Results and conclusions.** Pine plantations within the city of Barnaul are subject to long-term anthropogenic load, which is expressed in the form of I-II stages of recreational digression in the grassy forest, II-III stages in the fresh forest. The index of vitality of forest stands shows that in the grassy forest its range is 46.58-78.00 (mean 60.13), in the fresh forest 46.11-80.81 (mean 65.18) and corresponds to the "damaged" vitality in most of the surveyed areas. The distribution of trees according to diameter classes in pine forest stands corresponds to the normal distribution in both types of forests, except for individual areas where the process of natural thinning occurs. Under the influence of recreational load, the main indicators of natural regeneration of the forest change – density, age structure, vitality. The density of undergrowth in the