

КРИТИКА
И БИБЛИОГРАФИЯ

**Т. В. ЖУЙКОВА. РАСТИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ
ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СРЕДЫ. М.: Наука, 2022. 339 с.**

© 2022 г. Г. С. Розенберг

*Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского исследовательского научного центра РАН
ул. Комзина, 10, Тольятти, 445003, Россия
e-mail: genarozenberg@yandex.ru*

Поступила в редакцию 04.08.2022 г.

После доработки 11.08.2022 г.

Принята к публикации 16.08.2022 г.

DOI: 10.31857/S0006813622100088

Полвека тому назад Г.М. Илькун (1971, 1978), Ю.З. Кулагин (1974, 1985)¹ и ряд других отечественных исследователей опубликовали монографические обзоры о влиянии разного рода промышленного загрязнения на, в первую очередь, древесную растительность (правда, такого рода исследования по газоустойчивости растений велись еще в первой трети XX века – Д.Н. Нелюбов, В.В. Сабашников, Л.О. Машинский, В.А. Углов и др.; назову здесь лишь известную работу по биологической устойчивости Н.П. Красинского (Krasinskij, 1934)). За прошедшее время накоплено много данных о содержании тяжелых металлов и их распределении по органам растений, их действия на организмы, механизмах адаптации к воздействию тяжелых металлов на растения и устойчивости последних к антропогенным химическим загрязнениям.

Рецензируемая монография Т.В. Жуйковой обобщает результаты 20-летних исследований ценопопуляций и травяных фитоценозов, произрастающих на техногенно трансформированных территориях Притагильской зоны Среднего Урала. При этом основной упор автор делает на популяционные и биоценотические аспекты реакции растительных систем на химическое загрязнение почвы тяжелыми металлами при изменяющихся погодных условиях. Монография состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка литературы (758 наименований, в т.ч. 149 источников на иностранных языках) и 22 приложений.

Первая глава “Проблемы устойчивости растительных систем к техногенной трансформации среды” дает представление о состоянии изученности вопросов, связанных с устойчивостью растений к токсикантам техногенной природы и

влиянию тяжелых металлов на растительные системы. Здесь обсуждаются источники тяжелых металлов в окружающей среде (естественные и антропогенные), особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями и реакции на действии загрязняющих веществ. Эта глава наталкивает на некоторые размышления.

Устойчивость (вместе со сложностью и целостностью) представляет собой одну из важнейших характеристик любой сложной системы и характеризует способность системы противостоять возмущающим факторам среды в целях своего сохранения и поддерживать свою структуру более или менее стабильной на протяжении некоторого отрезка времени. Способность самостоятельно достигнуть устойчивого состояния свойственна только живым системам (May, 1973). Концепция устойчивости связана со вторым началом термодинамики, согласно которому любая естественная система (а популяция и экосистема являются естественными системами) с проходящим через нее потоком энергии развивается в сторону устойчивого состояния при помощи саморегулирующих механизмов. Р. Уиттекер называет их *буферными* (Whittaker, 1974). В случае кратковременного дестабилизирующего воздействия факторов среды на систему (прежде всего популяцию) буферные механизмы обеспечивают возврат к устойчивому состоянию.

Признак устойчивости экосистем был, пожалуй, единственным из параметров сложных систем, который достаточно широко обсуждался в экологии. Не вдаваясь в детали такого рода обзоров (например, Svirezhev, Logofet, 1978; Rozenberg, Zinchenko, 2014), укажу лишь на различное понимание “устойчивости” и связанные с этим математические модели: устойчивость по Ляпунову, иерархическая устойчивость по Свирежеву, периодическая устойчивость по Пуассону, ста-

¹ Источники, цитируемые в рецензируемой монографии, не включены в список публикаций настоящей рецензии.

бильность по Лагранжу, живучесть по Флейшману, упругость по Холлингу, надежность по Гнеденко и пр. При этом простые системы имеют *пассивные формы устойчивости* – прочность, сбалансированность и пр.; для сложных систем (к которым, естественно, относятся и растительные экосистемы) определяющим являются в разной степени *активные формы устойчивости*. Обозначенные выше активные формы устойчивости носят, в основном, структурный характер и потому их математическое моделирование и количественный анализ должны быть направлены на учет, как уязвимости отдельных компонент сложных систем, так и связей между этими компонентами и, в конечном итоге, – на целостное исследование и элементов, и связей между ними (Fleishman, 1982; Rozenberg, 2013). Принятие этой (или иной) классификации устойчивости растительных систем, на мой взгляд, упростило бы и сделало бы более конструктивной дальнейшую интерпретацию полученных результатов.

Вторая и третья главы (“Объект и методы исследования” и “Физико-географические условия района исследования”) являются достаточно устоявшимися. Здесь лишь подчеркнем выбор для исследования популяционной структуры модельного вида *Taraxacum officinale* Wigg. s. l. (две морфологические формы – *T. officinale* f. *dahlstedtii* Lindb. fil. и *T. officinale* f. *pectinatiforme* Lindb. fil.); одуванчик лекарственный был выбран в качестве основного объекта исследования экотоксических эффектов на популяционном уровне в силу повсеместной встречаемости, существования в широком диапазоне экологических условий, достаточно высокой толерантности, длительной продолжительности жизни, дешевизны, хорошей идентификации в природе. Все использованные в работе методы также являются традиционными. Особый интерес представляют опыты с культивированием растений (по 25 семян с 10 материнских растений каждой формы одуванчика из фоновой, буферной и импактной зон) на экспериментальных участках; наблюдения велись за начальными этапами онтогенеза. Наконец, в ходе фитоценологических исследований оценивали относительное обилие видов (по шкале Друде), встречаемость (методом Раункиера), проективное покрытие, жизненные формы (по Серебряковым), надземная и подземная фитомассы травяных фитоценозов; экологическая характеристика местообитаний оценивалась с использованием шкал Раменского и Цыганова. Что касается физико-географических особенностей Среднего Урала и г. Нижний Тагил, то констатируются особенности рельефа, климата, почв, основные источники (предприятия горнодобывающей и черной металлургии) и степень загрязнения природной среды. Весь комплекс предварительных исследований демонстрирует тот факт, что “различия в эколо-

го-почвенных условиях (*мест произрастания изученных луговых сообществ. – Г.Р.*) незначительны, за исключением содержания в почвах тяжелых металлов” (с. 72).

В разделе 3.4 “Характеристика исследуемых экотопов” автор “вскользь” касается весьма важной и интересной методической проблемы “мнимых повторностей”² (с. 59). Не буду подробно на этом останавливаться и я, лишь подчеркну, что “трудно сформулировать единую стратегию и тактику оптимального планирования эмпирических исследований для изучения экосистем различного типа, и, например, рациональная схема организации учета соловьев будет отличаться от наилучшего плана разбрасывания навоза” (Problemy..., 2008, с. 8). Автор корректно пользуется статистическим аппаратом, но хотелось бы видеть его отношение к степени субъективности независимости оценок повторностей.

Глава 4 “Популяционная структура *Taraxacum officinale* в условиях техногенной трансформации среды” дает представление о внутривидовой (морфологической) структуре растений *T. officinale*, онтогенетических стратегиях двух морфологических форм, демографических характеристиках ценопопуляций и пр. Автор подчеркивает, что в наиболее благоприятные вегетационные сезоны в градиенте повышающейся токсической нагрузки у обеих форм одуванчика увеличивается число листьев, генеративных побегов, средняя и реальная семенная продуктивность, жизнеспособность потомства; все это “можно рассматривать в качестве компенсаторного механизма, позволяющего растениям накапливать достаточный объем пластических веществ и обуславливающего высокую семенную продуктивность” (с. 108).

Самой большой главой в книге стала следующая – “Семенное воспроизводство *Taraxacum officinale* в условиях техногенной трансформации почвы”. В ней обсуждаются такие аспекты проблемы, как реакция мужского гаметофита *T. officinale* на техногенную трансформацию среды, особенности семенной продуктивности, жизнеспособности и индивидуальной изменчивости растений в условиях техногенного загрязнения почвы, оценка металлоустойчивости семенного потомства и энергетические затраты на воспроизводство. Все эти аспекты отражают роль репродуктивной структуры растений в поддержании устойчивости ценопопуляций *Taraxacum officinale* к техногенному стрессу с учетом погодных факторов.

² Проблемой мнимых повторностей (pseudoreplication) называют некорректное использование статистических методов для выявления эффекта, когда воздействие применялось в одной повторности (из которой было взято несколько измеряемых единиц), либо “повторности” не были статистически независимыми.

В целом четвертая и пятая главы — это, фактически, гимн одуванчику лекарственному. Если к этому добавить, что Всемирный день одуванчика (World Dandelion Day) отмечается 13 мая (считается, что происхождение праздника связано с французским городком-коммуной Ои (Ohio; Огис, регион Пикардия)), то картина будет полная.

Две последние главы монографии (6. “Реакция травяных сообществ на техногенную трансформацию среды” и 7. “Роль травяных фитоценозов в формировании биогенных циклов химических элементов”) посвящены изучению луговых фитоценозов техногенно нарушенных территорий Притагильской зоны Среднего Урала. Флора исследованных фитоценозов включает 92 вида сосудистых растений из 69 родов и 22 семейств. В составе флоры исследуемых луговых сообществ лидируют три семейства (Asteraceae, Poaceae и Fabaceae), которые на фоновых участках представлены в равных долях. В условиях сильного загрязнения резко усиливается степень доминирования Астровых, появляются виды сем. Капустовых (Brassicaceae; не типичные для луговых фитоценозов), уменьшается видовая насыщенность сообществ, снижается число политипных семейств. Некоторые результаты — очевидны и ожидаемы (например, отрицательная корреляция между подземной фитомассой и уровнем химического загрязнения почв), другие — не столь бесспорны (ослабление роли доминанта в структуре фитомассы и увеличение количества содоминантов при загрязнении среды фоновой и импактной зон). Еще один механизм, ограничивающий вовлечение химических элементов в систему “почва—растение (корневая система—надземные органы)” в последующие биогенные циклы (точнее, на с. 200 — “не полный биогеохимический цикл, а только этап вовлечения химических элементов в биогенный обмен (вынос), определяемый общим их запасом в подземной и надземной фитомассах травянистых растений”), — это изменение видовой структуры и обилия продуцентов. В монографии находим очень тонкие, но убедительные и наглядные результаты экспериментальных исследований, которые демонстрируют этот барьерный эффект на организменном и ценоотическом уровнях. Такого рода барьеры способны ограничивать избыточное вовлечение тяжелых металлов в биогенный обмен.

Небольшое техническое замечание. Каждая глава завершается разделом “Резюме” (от одной до 2.5 страниц), в котором сконцентрированы основные результаты и выводы; в монографии есть пятистраничные “Заключения” (в ранге главы) и трехстраничные “Выводы” (всего их 12). Возможно, для диссертационной работы такая структура и представляет некоторый интерес, но в монографическом исследовании (да еще в академическом

издательстве “Наука”) такой дидактический прием (“повторенье — мать ученья”³) выглядит анахронизмом.

Завершая рецензию на эту очень интересную и полезную книгу, соглашусь с автором в том, что результаты исследования, несомненно, носят частный региональный характер (с. 230), как по изученной территории, так и конкретному виду (*Taraxacum officinale* Wigg. s. l.). Однако реакция растительных сообществ и отдельных видов растений на химическое загрязнение окружающей среды, “в среднем”, имеет весьма сходный характер, что придает полученным результатам общеприимный оттенок. Как раз адаптивный потенциал многолетних растений (как древесных, так и травянистых) и пути его реализации за счет экологической пластичности и устойчивости (в частности, на популяционном уровне организации материи), и являются наиболее информативным источником о характере техногенеза как одного из самых динамично развивающихся явлений на планете. Растительные экосистемы, выполняя средостабилизирующие функции, препятствуют распространению экотоксикантов в биосфере, накапливая их в своих органах и тканях. Изучение этих процессов — задача как важная, так и трудная. Но не будем забывать, что “если ты перестал встречать трудности, значит, ты сбился с пути” (Genin, 2019, с. 76).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Fleishman] Флейшман Б.С. 1982. Основы системологии. М. 368 с.
- [Genin] Генин М.М. 2019. “Не давайте ему слова!..”. М. 232 с.
- [Krasinskij] Красинский Н.П. 1937. Озеленение промплощадок дымоустойчивым ассортиментом. М. 215 с.
- May R.M. 1973. Stability and Complexity in Model Ecosystems. Princeton. 233 p.
- [Problemy...] Проблемы экологического эксперимента (Планирование и анализ наблюдений). 2008. Тольятти. 274 с.
- [Rozenberg, Zinchenko] Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2014. Устойчивость гидроэкосистем: обзор проблемы. — Аридные экосистемы. 4 (4): 12–25.
- [Rozenberg] Розенберг Г.С. 2013. Введение в теоретическую экологию. В 2-х т. Тольятти. Т. 1. 565 с. Т. 2. 445 с.
- [Svirezhev, Logofet] Свиричев Ю.М., Логофет Д.О. 1978. Устойчивость биологических систем. М. 352 с.
- Whittaker R.H. 1974. Climax concept and recognition. — In: Handbook of Vegetation Science. Part 8. Vegetation Dynamics. Hague (Netherlands). P. 137–154.

³ Напомню: это выражение, ставшее пословицей, у древнеримского поэта Овидия выглядит так: “Повторенье — мать ученья, утешенье дураков”...

**TATYANA V. ZHUIKOVA. PLANT SYSTEMS UNDER CONDITION
OF TECHNOGENIC TRANSFORMATION OF THE ENVIRONMENT.
Moscow: Nauka, 2022. 339 p.**

G. S. Rozenberg

*Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS – Branch of the Samara Research Scientific Center of RAS
Komzina Str., 10, Tolyatti, 445003, Russia
e-mail: genarozenberg@yandex.ru*

REFERENCES

- Fleishman B.S. 1982. Osnovy sistemologii [Fundamentals of Systemology]. Moscow. 368 p. (In Russ.).
- Genin M.M. 2019. “Ne davayte emu slova!..” [“Don’t Give Him a Word!..”]. Moscow. 232 p. (In Russ.).
- Krasinskij N.P. 1937. Ozelenenie promplohchadok dymoustoychivym assortimentom [Landscaping of Industrial Sites with a Smoke-Resistant Assortment]. Moscow. 215 p. (In Russ.).
- May R.M. 1973. Stability and Complexity in Model Ecosystems. Princeton. 233 p.
- Problemy ekologicheskogo eksperimenta (Planirovanie i analiz nablyudeniy) [Problems of Ecological Experiment (Planning and Analysis of Observations)]. 2008. Togliatti. 274 p. (In Russ.).
- Rozenberg G.S. 2013. Vvedenie v teoreticheskuyu ekologiyu. V 2-h t. [Introduction to Theoretical Ecology. In 2 tons]. Togliatti. Vol. 1. 565 p.; Vol. 2. 445 p. (In Russ.).
- Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. 2014. Ustoychivost’ gidroekosistem: obzor problemy [Sustainability of Hydro-ecosystems: a Review of the Problem]. – Arid ecosystems. 4 (4): 12–25 (In Russ.).
- Svirezhev Yu.M., Logofet D.O. 1978. Ustoychivost’ biologicheskikh sistem [Stability of Biological Systems]. Moscow. 352 p.
- Whittaker R.H. 1974. Climax concept and recognition. – In: Handbook of Vegetation Science. Part 8. Vegetation Dynamics. Hague (Netherlands). P. 137–154.