

ной системы было сбалансировано с требованиями, предъявляемыми к организму в ходе тренировочного процесса. Данный тип регуляции может расцениваться как форма долговременной адаптации на подготовительном этапе тренировочного цикла спортсменов.

Проведенный анализ различий интегральных показателей КИГ исследования спортсменок до и после двухнедельных учебно-тренировочных сборов позволил выявить тенденцию к наличию различий по показателю адаптивных резервов организма. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Интегральные показатели КИГ спортсменок до и после тренировочного стресса

Показатель, ед. изм.	Тренировочный стресс		T	Z	p
	до стресса	после стресса			
Текущее функциональное состояние организма, у. е.	12 (12; 13)	12 (5; 13)	5,0	0,00	1,000
Адаптивные резервы организма, у. е.	4 (3; 4)	5 (4; 5)	0,0	1,83	0,068
Уровень функционирования функциональной системы, у. е.	5 (4; 5)	5 (4; 5)	1,5	0,80	0,423
Отношение стресс-индекса в покое и при ортостатической пробе, у. е.	2,24 (1,48; 3,21)	0,56 (0,47; 0,77)	5,0	1,15	0,249
Прирост ЧСС, уд./мин	24,5 (23,1; 42,1)	25,3 (14,3; 35,1)	7,0	0,73	0,463

Изменение вегетативной реактивности в сторону преобладания парасимпатического отдела после тренировочного стресса в сочетании с наличием тенденции к увеличению адаптивных резервов организма свидетельствует о соблюдении на базовом этапе тренировочного цикла баланса между нагрузками и функциональными возможностями организма в ходе подготовки девушек-гребцов высшей квалификации.

Выводы

1. Тренировочный стресс на базовом этапе подготовки тренировочного цикла вызывает у девушек-гребцов изменение вегетативной реактивности в сторону преобладания влияния парасимпатического отдела.

2. Изменение вегетативной реактивности в сторону преобладания влияния парасимпатического отдела после тренировочного стресса у девушек-гребцов сопровождается децентрализацией регуляторных влияний в пределах адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The impact of endurance exercise on left ventricular systolic mechanics / A. L. Baggish [et al.] // *Am. J. Heart Circ. Physiol.* — 2008. — № 215. — P. 1109–1116.

2. *Urhausen, A.* Blood hormones as markers of training stress and overtraining / A. Urhausen, H. Gabriel, W. Kindermann // *Sports Med.* — 1995. — № 20(4). — P. 251–276.

3. Exercise and the stress system / G. Mastorakos [et al.] // *Hormones.* — 2005. — № 4(2). — P. 73–89.

4. Харенков, В. С. Текущие изменения центральной и вегетативной нервной систем у высококвалифицированных гребцов на байдарках и каноэ / В. С. Харенков, А. А. Мальчевская // *Физическая культура, спорт — наука и практика.* — 2008. — № 4. — С. 22–27.

5. Бань, А. С. Вегетативный показатель для оценки вариабельности ритма сердца спортсменов / А. С. Бань, Г. С. Загородный // *Медицинский журнал.* — 2010. — № 4. — С. 127–130.

6. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р. М. Баевский [и др.] // *Вестник аритмологии.* — 2001. — № 24. — С. 65–87.

7. Михайлов, В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. — Иваново, 2000. — 200 с.

8. Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Ю. Реброва. — М.: МедиаСфера, 2002. — 312 с.

9. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц; пер. англ. — М.: Практика, 1998. — 459 с.

10. Питкевич, Ю. Э. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов / Ю. Э. Питкевич // *Проблемы здоровья и экологии.* — 2010. — № 4(26). — С. 101–106.

11. Шилович, Л. Л. Перспективы диагностического применения анализа вариабельности сердечного ритма в спорте / Л. Л. Шилович // *Проблемы здоровья и экологии.* — 2012. — № 3(33). — С. 59–63.

12. Пыхтеев, Б. А. Прогнозирование функционального состояния юных спортсменов на этапе отбора и в процессе тренировки / Б. А. Пыхтеев // *Вариабельность сердечного ритма: теор. аспекты и прак. применение; тез. междунар. симпози.* — Ижевск: изд-во Умд. ун-та, 1996. — С. 138–139.

Поступила 04.02.2013

УДК 616.284-089.28-77

СРАВНЕНИЕ ЗВУКОПРОВОДИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ПРОТЕЗОВ ЦЕПИ СЛУХОВЫХ КОСТОЧЕК, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ОТОХИРУРГИИ

¹О. Г. Хоров, ¹В. А. Новоселецкий, ²В. В. Яничкин, ²А. С. Балыкин

¹Гродненский государственный медицинский университет

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

Цель: сравнить звукопроводимость некоторых протезов цепи слуховых косточек из титана, тефлона и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ).

Материал и методы. С помощью экспериментальной установки оценивали амплитудно-частотную характеристику протезов цепи слуховых косточек из титана, тефлона и СВМПЭ.

Результаты. При сравнении полученных данных статистически значимых различий не выявлено.

Заключение. Конструкция протеза цепи слуховых косточек из СВМПЭ может быть предложена по параметрам звукопроводимости к применению в отоларингологии для оссиклопластики.

Ключевые слова: сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности, протез, отоларингология.

COMPARISON OF SOUND TRANSMISSION OF SOME PROSTHESES OF THE OSSICULAR CHAIN APPLIED IN OTOSURGERY

¹O. G. Khorov, ¹V. A. Novoseletskiy, ²V. V. Yanichkin, ²A. S. Balykin¹Grodno State Medical University²Yanka Kupala State University of Grodno

Objectives: to compare the sound transmission of some middle ear implants of titanium, teflon and ultra-high-molecular-weight polyethylene of high density (UHMWPE).

Materials and methods. The amplitude-frequency characteristics of the middle ear prostheses of titanium, teflon and UHMWPE were assessed by the experimental setup.

Results. The comparison of the received data revealed no statistically significant differences.

Conclusion. According to the sound transmission parameters the design of the UHMWPE middle ear implant can be offered to be used in otosurgery for ossiculoplasty.

Key words: ultra-high-molecular-weight polyethylene of high density, prosthesis, otosurgery.

Введение

Оссикулопластика, основанная на использовании протезов специальных конструкций, изготовленных из биологически инертных материалов, является хирургическим вмешательством, с помощью которого устраняются различные дефекты оссикулярной системы среднего уха. В настоящее время предлагается значительное количество различных протезов цепи слуховых косточек. Форма большинства из них в большей или меньшей степени напоминает поршень или пистон. Некоторые вариации по форме приобретают определенное значение при интраоперационной установке импланта в соответствии с индивидуальными анатомическими особенностями барабанной полости конкретного пациента. Стабильность нахождения протеза в среднем ухе в течение длительного времени также обеспечивается биосовместимостью материала, из которого изготовлен протез.

Интерес к совершенствованию существующих моделей протезов связан с отсутствием до настоящего времени универсального протеза, который бы с учетом индивидуальной анатомии оперированного уха мог бы быть использован при оссикулопластике [1, 2, 3].

Нами предложена оригинальная конструкция протеза цепи слуховых косточек, форма которого позволяет индивидуально подойти к процессу установки во время операции в соответствии с анатомическими особенностями барабанной полости и обеспечить его устойчивость. Одним из материалов, из которых может быть изготовлен имплант, является сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности марки «Chirulen» (ИСО 5834/2), биосовместимость которого с тканями среднего уха в особых анатомических условиях барабанной полости доказана нами экспериментально [4, 5, 6].

Кроме формы и биологической совместимости важной характеристикой протеза является его звукопроводимость. Для оценки акустических свойств имплантов среднего уха используются различные методы моделирования,

основанные как на компьютерных или механических моделях, так и на использовании препаратов височной кости [2, 7–11].

Цель работы

Сравнить звукопроводимость широко используемых в отохирургии разновидностей протезов из титана и тефлона с аналогичными свойствами протеза из сверхвысокомолекулярного полиэтилена нашей конструкции.

Материал и методы

Основной задачей нашего физического эксперимента было определение принципиальной возможности использования протезов, изготовленных из сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности (СВМПЭ) для протезирования цепи слуховых косточек. Для ее решения оценивали амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) протезов цепи слуховых косточек из титана, тефлона и СВМПЭ. Частотный диапазон исследований устанавливали в пределах от 0,4 до 5 кГц, несколько превышающих зону частот, имеющую значение для восприятия человеческого голоса [12], динамический — от 5 до 60 дБ.

Для исследований мы использовали установку, которая упрощенно моделировала среднее ухо, однако в то же самое время позволяла обеспечить постоянные условия для всех проводимых измерений (рисунки 1 и 2).

В структурную схему экспериментальной установки входят (рисунок 1):

1 — генератор низкочастотных сигналов ГЗ-118. Диапазон воспроизводимых генератором частот от 10 до 100 кГц. Встроенный аттенуатор позволяет изменять уровень выходного сигнала ступенчато через 10 дБ от 0 до 60 дБ и плавно в пределах каждой ступени от 0 до 10 дБ;

2 — звуковой компрессор, представляющий собой динамическую головку, встроенную в воздушную звуковую камеру, соединенную со звуковоспринимающим устройством акустическим каналом;

3 — звуковоспроизводящее устройство (воздушная камера со встроенной плоской подвижной

мембраной, на которую в заранее выбранной точке устанавливается исследуемый образец протеза);

4 — образец исследуемого протеза;

5 — приемное устройство (пьезокерамический звукосниматель);

6 — линейный усилитель, предназначенный для усиления сигнала, поступающего с приемного устройства. Коэффициент усиления в задан-

ном диапазоне частот близок к 100, что достаточно для регистрации и видеонаблюдения;

7 — источник питания ± 15 В, с уровнем пульсации не более 15 мВ;

8 — визуализатор (двулучевой осциллограф С1-117);

9 — регистрирующее устройство (цифровой мультиметр APPA 109N).

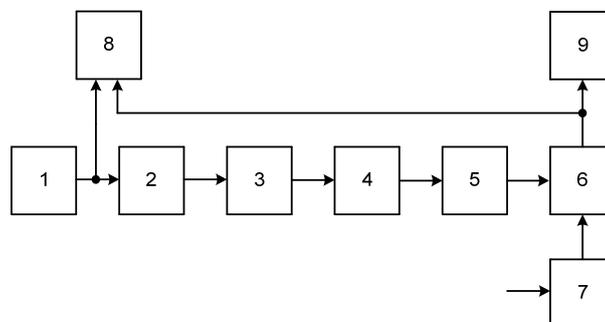


Рисунок 1 — Структурная схема экспериментальной установки для записи амплитудно-частотной характеристики протезов цепи слуховых косточек

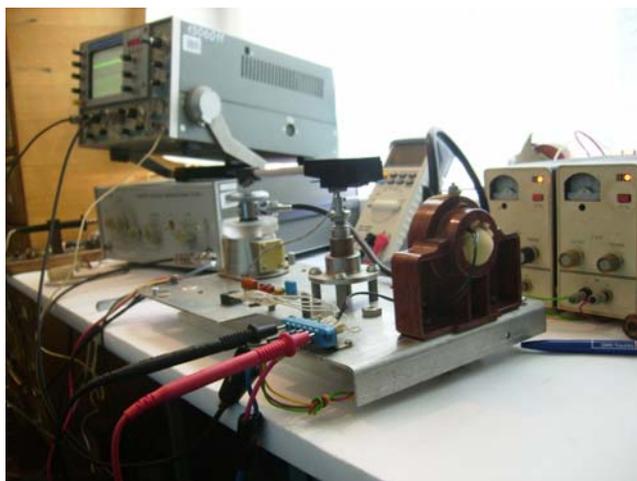


Рисунок 2 — Внешний вид установки для записи амплитудно-частотной характеристики протезов цепи слуховых косточек

Методика проведения эксперимента состояла в следующем. Элементы 1, 2, 3, 5, 6, 9 экспериментальной установки (рисунки 1 и 2) составляли так называемую измерительную линию, сквозная АЧХ которой в целом не линейна. Чтобы избежать ошибок при определении амплитудно-частотной характеристики исследуемых протезов цепи слуховых косточек, вызванных собственной АЧХ измерительной линии, в начале эксперимента проводили ее калибровку и линеаризацию.

Низкочастотный генератор возбуждал монохроматические звуковые колебания заданной частоты в звуковом компрессоре, которые через акустический канал передавались на звуковоспроизводящее устройство. На упругую мембрану звуковоспроизводящего устройства в выбранную на все время исследований точку

помещали датчик пьезокерамического звукоснимателя, который преобразовывал механические звуковые колебания в электрический сигнал. Далее полученный сигнал через линейный усилитель с фиксированным коэффициентом усиления, близким к 100, поступал на регистрирующее устройство. Уровень выходного сигнала звукового генератора задавался так, чтобы на всех заданных частотах напряжение на регистрирующем устройстве оставалось постоянным. Таким образом, обеспечивалась линейность собственной сквозной АЧХ измерительной линии на заданных фиксированных частотах генератора. Калибровку измерительной линии заканчивали составлением таблицы установочных значений уровней выходного сигнала генератора на каждой из фиксированных точек диапазона (таблица 1).

Таблица 1 — Калибровочные величины измерительной линии

№ п/п	Частота генератора (Гц)	Уровень сигнала на входе линии (мВ)	Уровень сигнала на выходе линии (мВ)
1	400	870	400
2	800	825	400
3	1000	760	400
4	1200	910	400
5	1400	1050	400
6	1800	1120	400
7	2200	1240	400
8	2500	1070	400
9	3000	940	400
10	3500	980	400
11	4000	1200	400
12	4500	1500	400
13	5000	1680	400

Одновременно с калибровкой линии нами проводилась оценка ее динамического диапазона путем изменения в заданных пределах уровня сигнала генератора. При этом по осциллограмме оценивали искажение формы синусоидального сигнала на выходе измерительной линии. Считали, что динамический диапазон удовлетворителен, если форма синусоиды существенно не искажается в пределах заданного диапазона изменений уровня сигнала.

На следующем этапе исследовали амплитудно-частотную характеристику протезов среднего уха.

Вначале в пределах динамического диапазона определяли АЧХ протеза из титана типа Arial фирмы «Heinz Kurz GmbH Medizintechnik» (Германия), как конструкции с доказанной клинико-аудиологической эффективностью [1, 13], которая в дальнейшем принималась нами в качестве эталона для сравнения с аналогичными характеристиками других исследуемых протезов.

На датчик пьезокерамического звукоснимателя через переходник плотно надевался титановый протез, шляпка которого устанавливалась в выбранную заранее точку мембраны. Включали питание всех составных элементов измерительной линии. Выходное напряжение генератора ослабляли на -30 дБ, выставляли частоту выходного сигнала, равную 400 Гц, и на экране осциллографа (луч 2) наблюдали синусоидальный сигнал, действующий на входе линии. Луч 1 осциллографа использовался для визуальной оценки качества сигнала генератора. Амплитуда входного сигнала устанавливалась в соответствии с таблицей 1 для частоты 400 Гц. По циф-

ровой шкале мультиметра производили снятие значения напряжения сигнала на выходе линии, и эти данные заносили в таблицу 2. Аналогичным образом прописывались остальные выбранные опорные точки АЧХ (800, 1000, 1200, 1400, 1800, 2200, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 Гц). При этом в каждой из исследуемых точек также определяли динамический диапазон протеза, для чего увеличивали амплитуду сигнала с генератора от -30 до 0 дБ и по экрану осциллографа оценивали форму синусоиды до момента начала ее существенного искажения.

Аналогичным образом прописывали амплитудно-частотную характеристику протезов из тефлона в форме пистона фирмы DEMED (Польша) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности нашей конструкции. Данные измерений записывались соответственно в таблицы 3 и 4.

В связи с тем, что исследования носят статистический характер, для получения достаточно высокой достоверности результатов запись каждой точки АЧХ производилась, по крайней мере, три раза (в таблицах приводятся усредненные за три измерения значения).

Математический анализ полученных результатов проводили с использованием программы «Statistica», 6.0 с помощью теста Краскела-Уоллиса. Статистически значимыми различия считались при степени безошибочного прогноза, равной 95 % ($p < 0,05$).

Результаты и обсуждение

Результаты, представлены в виде таблиц 2, 3, 4 и сводного графика (рисунок 2).

Таблица 2 — Амплитудно-частотная характеристика протеза цепи слуховых косточек из титана

№ п/п	Частота генератора (Гц)	Уровень сигнала на входе линии (мВ)	Уровень сигнала на выходе линии (мВ)
1	400	870	400
2	800	825	400
3	1000	760	400

Окончание таблицы 2

№ п/п	Частота генератора (Гц)	Уровень сигнала на входе линии (мВ)	Уровень сигнала на выходе линии (мВ)
4	1200	910	400
5	1400	1050	400
6	1800	1120	400
7	2200	1240	400
8	2500	1070	400
9	3000	940	400
10	3500	980	400
11	4000	1200	400
12	4500	1500	400
13	5000	1680	400

Таблица 3 — Амплитудно-частотная характеристика протеза цепи слуховых косточек из сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности

№ п/п	Частота генератора (Гц)	Уровень сигнала на входе линии (мВ)	Уровень сигнала на выходе линии (мВ)
1	400	870	394
2	800	825	391
3	1000	760	381
4	1200	910	380
5	1400	1050	376
6	1800	1120	372
7	2200	1240	368
8	2500	1070	361
9	3000	940	364
10	3500	980	360
11	4000	1200	367
12	4500	1500	364
13	5000	1680	351

Таблица 4 — Амплитудно-частотная характеристика протеза цепи слуховых косточек из тефлона

№ п/п	Частота генератора (Гц)	Уровень сигнала на входе линии (мВ)	Уровень сигнала на выходе линии (мВ)
1	400	870	392
2	800	825	391
3	1000	760	382
4	1200	910	380
5	1400	1050	378
6	1800	1120	374
7	2200	1240	366
8	2500	1070	363
9	3000	940	365
10	3500	980	358
11	4000	1200	366
12	4500	1500	362
13	5000	1680	350

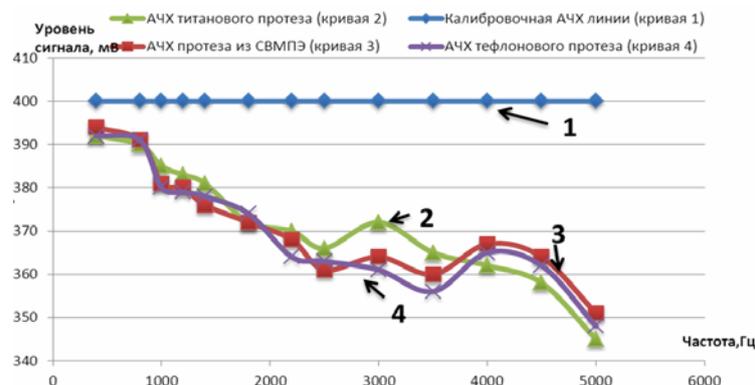


Рисунок 3 — Амплитудно-частотная характеристика калибровочной линии (1) и образцов протезов цепи слуховых косточек из исследуемых материалов (2, 3, 4)

Визуальная оценка представленных графических данных позволяет сделать заключение, что, несмотря на различия в материале и форме протезов цепи слуховых косточек, амплитудно-частотная характеристика исследуемых конструкций отличается незначительно. Статистически значимых различий нет во всех случаях ($p > 0,05$).

Заключение

По данным электроакустического эксперимента, амплитудно-частотная характеристика протеза, выполненного из титана, являющегося одним из стандартных материалов для оссикулопластики, в частотном диапазоне от 400 до 500 Гц составляет 347–390 мВ, протеза из тефлона — 350–392 мВ.

Звукопроводимость протеза цепи слуховых косточек из СВМПЭ в зоне частот от 400 до 5000 Гц составляет 351–394 мВ и не имеет статистически значимых отличий от аналогичных характеристик протезов из титана и тефлона во всем исследуемом диапазоне частот.

Учитывая данные проведенного нами электроакустического эксперимента, конструкция протеза цепи слуховых косточек из СВМПЭ может быть предложена по параметрам звукопроводимости к применению в отохирургии для оссикулопластики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плужников, М. С. Современное состояние проблемы хирургической реабилитации больных с хроническими воспалительными заболеваниями среднего уха / М. С. Плужников, В. В. Дискаленко, Л. М. Курмашова // Вестник оториноларингологии. — 2006. — № 5. — С. 31–34.

2. Хоров, О. Г. Хирургическое лечение больных деструктивными средними отитами / О. Г. Хоров, В. Д. Меланьин. — Гродно: ГрГМУ, 2001. — 150 с.

3. Weerda, H. History of auricular reconstruction / H. Weerda // Adv Otorhinolaryngol. — 2010. — № 68. — P. 1–24.

4. Новоселецкий, В. А. Анализ результатов эксперимента по применению сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности в качестве материала для оссикулопластики / В. А. Новоселецкий, О. Г. Хоров, В. А. Струк // Ars medica. — 2011. — № 4. — С. 25–32.

5. Новоселецкий, В. А. Результаты морфологических исследований при использовании сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности в качестве материала для оссикулопластики / В. А. Новоселецкий, О. Г. Хоров, М. Г. Зубрицкий // Оториноларингология. Восточная Европа. — 2012. — № 2. — С. 76–83.

6. Хоров, О. Г. Применение сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой плотности в отохирургии / О. Г. Хоров, В. А. Струк, В. А. Новоселецкий // Оториноларингология. Восточная Европа. — 2011. — № 4. — С. 23–29.

7. Хоров, О. Г. Избранные вопросы отологии: учеб. пособие / О. Г. Хоров, В. Д. Меланьин. — Гродно: ГрГМУ, 2007. — 160 с.

8. New knowledge about the function of the human middle ear: development of an improved analog model / R. L. Goode [et al.] // American Journal of Otolaryngology. — 1994. — № 15. — P. 145–154.

9. Nishihara, S. Experimental study on the acoustic properties of in-cus replacement prostheses in a human temporal bone model / S. Nishihara, R. L. Goode // American Journal of Otolaryngology. — 1994. — № 15. — P. 485–494.

10. Standardized measurements of the sound transmission of middle ear implants using a mechanical middle ear model / H. Meister [et al.] // European Archive of Otorhinolaryngology. — 1999. — № 256. — P. 122–127.

11. Vlaming, M.S.M.G. Studies on the mechanics of the normal human middle ear / M.S.M.G. Vlaming, L. Feenstra // Clinical Otolaryngology — 1986. — № 11. — P. 353–363.

12. Пальчун, В. Т. Оториноларингологии: рук-во для врачей / В. Т. Пальчун, А. И. Крюков. — М.: Медицина, 2001. — 616 с.

13. Семенов, Ф. В. Клинико-аудиологические методы оценки эффективности оссикулопластики с использованием титановых протезов при хирургическом лечении больных хроническим средним отитом / Ф. В. Семенов, А. К. Волик // Российская оториноларингология. — 2004. — № 4. — С. 145–148.

Поступила 31.11.2013

УДК 54.02:528.931.3 (476.2+476.7):574:005

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЕ Г. ГОМЕЛЯ

Н. И. Дроздова, Ю. М. Жученко

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

В работе рассматривается один из подходов к решению задачи исследования возможных взаимосвязей уровня техногенного загрязнения почв и их ферментативной активности. Преимуществом использования этих показателей является возможность не только быстрого определения изменений в экосистемах на очень ранних стадиях, но и прогнозирования степени и направленности изменений, происходящих в них.

Ключевые слова: тяжелые металлы, ферменты, ферментативная активность почв, ферментативная индикация загрязнения почв, статистические характеристики, множественная корреляция и регрессия.

EXPERIMENTAL MODELLING OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS IN THE INDUSTRIAL ZONE OF GOMEL

N. I. Drozdova, Yu. M. Zhuchenko

Gomel State University named after F. Scorina

The article considers one of the approaches to solution of the study problem of possible interrelations of the level of technogenic pollution of soils with their biological activity. The advantage of the use of these indicators is not only a possibility of fast definition of changes in ecosystems at very early stages, but also a possibility of forecasting the degree and orientation of the occurring changes.

Key words: heavy metals, enzymes, biological activity and indication of soils, statistical characteristics, multiple correlation and regress.