

Н.В. Лучник

Вторая игра



Москва 2002

ББК 28.04г(2) Лучник Н.В.

Л 87

Лучник Н.В.

Л 87 Вторая игра. – М.: Компания Спутник+, 2002. –
336 с.

ISBN 5-93406-245-X

ББК 28.04г(2) Лучник Н.В.

ISBN 5-93406-245-X

© Лучник Н.В., 2002

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>стр.</i>
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ГЛАВА 1	
ЧЕЛОВЕК ИЗ ПРОШЛОГО ВЕКА (Н.А. Порядкова-Лучник) ...	6
ГЛАВА 2	
Страницы из биографии Н.В. Лучника из написанного им самим	
РОДОСЛОВНАЯ	36
ЛАГЕРНЫЕ ПИСЬМА	45
ИЗ АДА В ПОЧТОВЫЙ ЯЩИК (Автобиографическая повесть)	55
СУНГУЛИАДА	73
ГЛАВА 3	
Т.В. Кондрашова	
Очерк научного творчества Н.В. Лучника	98
ГЛАВА 4	
Н.В. Глотов	
Биометрический анализ в радиобиологических работах Н.В. Лучника.	112
ГЛАВА 5	
Основные принципы передачи наследственной информации (Отрывок из книги «Биофизика цитогенетических повреждений и генетический код»(2))	121
ГЛАВА 6	
Из религиозного опыта	
АНТРОПОДИЦЕЯ.	129
ПОТРЕБНОСТЬ НОМЕР ОДИН.	133
ГЛАВА 7	
ПРОЗА	
БРУТОВСКИЙ РУБЛЬ рассказ	144
ТЮРЕМНЫЕ КРИПТОГРАММЫ рассказ	154

<i>ВТОРАЯ ИГРА</i> совершенно фантастическое произведение в четырех частях с отступлением и эпилогом	171
<i>УРАВНЕНИЕ</i>	187
<i>МУЖСКОЙ РАЗГОВОР</i>	189
<i>ПЕРВОБЫТНЫЙ ЧЕЛОВЕК</i>	191
ГЛАВА 8	
<i>ПОЭЗИЯ (Избранное)</i>	195
ГЛАВА 9	
<i>Воспоминания о Н.В.Лучнике</i>	
<i>Н.П. БОЧКОВ</i>	263
<i>Л.И.КОРОЧКИН</i>	266
<i>А.П. АКИФЬЕВ</i>	268
<i>Т.В. КОНДРАШОВА</i>	273
<i>А.М. КУЗИН</i>	288
<i>И. Б. МОССЕ</i>	289
<i>В.Д.ЖЕСТЯНИКОВ</i>	291
ГЛАВА 10	
<i>Список трудов профессора Н.В. Лучника</i>	
<i>НАУЧНЫЕ КНИГИ</i>	300
<i>НАУЧНЫЕ СТАТЬИ И ДОКЛАДЫ</i>	300
<i>НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ КНИГИ</i>	321
<i>СТАТЬИ ПО ФИЛАТЕЛИИ</i>	322
<i>РЕЛИГИОЗНО-ФИЛОСОФСКИЕ СТАТЬИ</i>	322
<i>СТИХИ И ПРОЗА</i>	322
ГЛАВА 11	
<i>Лучник - филателист</i>	
<i>Воспоминания О.В. Форафонтова</i>	324
<i>Библиография трудов Н.В.Лучника</i> <i>по истории русской почты.</i>	327
<i>Дружба и совместная деятельность</i> <i>Н.В. Лучника с О.А. Фаберже</i>	328
ГЛАВА 12	
<i>Лучник — художник</i>	
<i>Рисунки и шаржи</i>	331
<i>Новогодние поздравления</i>	334

ГЛАВА 4

Н.В. Глотов

Биометрический анализ в радиобиологических работах Н.В. Лучника.

Подлинным мастером биометрического анализа был Н.В. Лучник. Насколько эффективным и эффективным может быть биометрический анализ в руках мастера, я попытаюсь показать на примере двух известных радиобиологических работ Николая Викторовича.

Лучевые пики смертности мышей [2]. Эта работа имеет длинное название: «Зависимость смертности облученных мышей и крыс от их штамма, пола, веса, дозы облучения и распределение этой смертности во времени», - точно отражающее круг вопросов, систематически исследовавшихся Н.В. Лучником. Она опубликована в 1957 г. в первом сборнике работ Лаборатории биофизики Н.В. Тимофеева-Ресовского, однако основные результаты были получены Н.В. Лучником еще в 1949-1950 гг. (см. [2], примечание на с. 83), но не были своевременно опубликованы вследствие их засекреченности.

При начале разработки новых разделов знания, а к таковым, несомненно, относилась радиобиология 1940-х - начала 1950-х годов, исследователи очень часто пренебрегают точностью постановки опытов, сбором достаточно обширных материалов, стремясь выявить и «застолбить» основные новые эффекты, особенно, как в радиобиологии, имеющие большое прикладное значение. В результате быстро обнаруживается явная нехватка сведений по важнейшим общебиологическим вопросам, что со временем становится едва ли не главным препятствием для дальнейших углубленных исследований механизмов обнаруженных эффектов. Более того, собранные таким образом, отрывочные, пусть и многочисленные, данные подчас весьма противоречивы. Именно поэтому из множества появившихся к тому времени работ о лучевой смертности мышей Н.В. Лучник смог отобрать для сопоставлений с собственными результатами лишь около 40, и только работы двух авторов дали действительно ценные материалы для обсуждения. Это исследования Г. Квастлера и Н.И. Шапиро. Н.В. Лучник неоднократно обращал внимание на сходство своих научных интересов и методических подходов со стилем Г. Квастлера и сожалел, что им не удалось познакомиться. Наш замечательный генетик и радиобиолог Н.И. Шапиро известен предельно аккуратным, можно сказать придирчивым, отношением к методике эксперимента.

Характерной чертой этой работы Н.В. Лучника является гармоничность разных ее методических аспектов, подробно описанных автором.

1. Н.В. Лучник не располагал чистыми линиями мышей, поэтому он аккуратно оговаривает термины «штамм» и «линия», предпочитая говорить о животных разных «популяций», т.е. потомках разных групп мышей, полученных вивариумом лаборатории из неизвестных источников, часто без каких-либо характеристик, но независимо разводимых внутри группы без контролируемого инбридинга. Здесь Н.В. Лучник демонстрирует умение ясно и точно описывать отнюдь не идеальный, с точки зрения экспериментатора, материал: «чем богаты, тем и рады». Но уж обращение с этим материалом (разведение внутри группы; свободное скрещивание, т.е. отсутствие контролируемого инбридинга; условия содержания животных) и его описание в статье безукоризненны.

2. Сильной стороной работы является аккуратная дозиметрия γ - и рентгеновских лучей. Это следует и из грамотного описания процедуры облучения, и из имен специалистов, проводивших дозиметрию (Н.В. Горбатьюк, В.С. Перов, А.Н. Тимофеев). Кроме того, мы знаем, что дозиметрия в лаборатории была поставлена К. Циммером, лучшим, по словам Н.В. Тимофеева-Ресовского, специалистом по макродозиметрии ионизирующих излучений, по крайней мере в Европе. Заметим, что точность работы К. Циммера была ранее протестирована по результатам многолетних опытов на дрозофиле [3].

3. В работе не приводятся все собранные материалы, иначе это была бы не большая статья, а как минимум небольшая монография. Описанный объем материала охватывает «лишь» около тысячи мышей и крыс. Н.В. Лучник не пошел на реализацию классической схемы многофакторного эксперимента, несомненно, хорошо ему известной из работ английских биометриков, прежде всего Р. Фишера [4]. Это связано, по-видимому, с несколькими причинами. Прежде всего, ортогональность такой схемы (хотя бы на начало эксперимента) сильно бы увеличила объем материала, а это и дополнительное количество животных, и огромный дополнительный труд. Кроме того, зачем с одинаковой подробностью исследовать все детали? Ведь все равно обо «всех» штаммах, «всех» дозах, «всех» интервалах времени «все-го» не узнаешь (такой подход полностью соответствует стилю Н.В. Лучника-экспериментатора). Далее, интерпретация результатов многофакторных экспериментов всегда достаточно сложна, в данном же случае речь идет о смертности животных, о качественном признаке: животное погибло или выжило. Ко времени написания этой работы методов анализа многомерных таблиц сопряженности еще не было, поэтому Н.В. Лучник идет другим путем. Сначала на относительно небольшом материале (по 24 особи на штамм) проводится сравнение радиочувствительности мышей шести штаммов, при

этом фиксируются факторы: доза (600 Р), пол (самцы), возраст (~2 мес), учитывается (контролируется) вес животных. И лишь на основе этих результатов для нескольких штаммов ставятся опыты, где в качестве факторов выступают в разных сочетаниях штамм, пол, вес, доза.

Перечисленные моменты, касающиеся организации (планирования) эксперимента, являются необходимой предпосылкой для последующего корректного биометрического анализа, и в этом смысле они являются его составной частью.

Первый вопрос биометрического анализа заключается в том, что, собственно, анализировать, какой признак? Сказать «смертность» - значит ничего не сказать, ведь смертность развернута (распределена) во времени. Н.В. Лучник выбирает в качестве метрики долю (частоту) погибших животных на определенный день, причем таких точек берется пять: частота гибели на 20, 30, ..., 60-й день, - т.е. задача сводится к использованию критерия χ^2 и точного критерия Фишера, хотя данные для разных точек одного штамма и не являются независимыми. Построение кривых гибели животных во времени сразу же наглядно выявляет различия между штаммами. Общих же закономерностей в отношении влияния пола и веса, однако, не существует: у разных штаммов они оказывают разное влияние. Н.В. Лучник делает эти выводы в отсутствие анализа двух- и трехмерных таблиц сопряженности, проводя сравнение разных вариантов опыта. Однако работа Н.В. Лучника отличается еще одной замечательной особенностью, характерной для сборников работ Лаборатории биофизики, -полнотой публикации материалов. Работа содержит восемь страниц Приложения, включающих подробные количественные данные. Поэтому желающие посмотреть на них с помощью методов современного анализа могут это легко проделать [5].

В соответствии с классическим пониманием принципов попадания и мишени [6, 7] непрременное условие радиобиологических опытов - анализ кривых доза-эффект. Владеть какой-то теорией - означает ясно представлять себе условия ее применения. Бессмысленно вычислять «ударность» кривой для такой комплексной реакции, как гибель млекопитающих, поэтому замечание Николая Викторовича о том, что кривые доза-эффект достаточно хорошо «чисто формально» описываются 12-ударной кривой, носит явно иронический характер. Н.В. Лучник исследует вопрос, какая из трех теоретических кривых - пробиты, логиты, угловое преобразование - наилучшим образом описывает кривые доза-смертность на 30-й день. Результаты оказываются почти одинаковыми (ЛД₅₀ равны соответственно 525, 523 и 525 Р), поэтому следует естественный вывод: для описания кривых доза-эффект следует выбирать метод, наиболее разработанный и чаще

всего используемый другими авторами, т.е. пробиты. Одним из способов выявления различий в радиочувствительности между штаммами стало разложение общего $\%^2$ по степеням свободы; компонента гетерогенности имеет здесь смысл различий между штаммами. При этом Н.В. Лучник вводит новую метрику для оценки величины гетерогенности: отношение значения u_j к числу степеней свободы, которая оказывается в этой задаче эффективной. Эта же метрика оказалась очень полезной в нашей работе при характеристике популяций растений [8]. Сегодня известно множество метрик такого рода [5], каждая из них имеет свои особенности, характеризуя какую-то сторону статистических связей. Н.В. Лучник избрал простейшую, и она оказалась эффективной. Проведенный анализ позволил сделать вывод, отнюдь не тривиальный в 1957 г.: «...Имеющиеся в литературе противоречия в величине ЛД_{50/50} нельзя объяснять разницей в методике и неточностью дозиметрии, так как радиочувствительность внутри вида может от штамма к штамму очень значительно колебаться» [2, с. 83].

Н.В. Лучник специально обсуждает собственные и литературные данные об изменчивости смертности млекопитающих в радиобиологических опытах и полемизирует с широко распространенной точкой зрения об очень большой изменчивости результатов. Его заключение одновременно и категорично, и конструктивно: «... Реакции животных на облучение подчинены законам нормальной биологической изменчивости. Данные могут быть хорошо воспроизводимы при соблюдении определенных требований. Таковыми являются: гомогенный подопытный материал, достаточное число животных в опыте и надежная дозиметрия» [2, с. 91].

До сих пор мы рассматривали работу [2] в качестве прекрасного примера четкой организации эксперимента и глубокого биометрического анализа. Большинство биологов уклоняется от постановки такого рода исследований, полагая, что трудно рассчитывать на обнаружение каких-либо новых эффектов, следуя путем систематического, обычно трудоемкого изучения обширного материала. Работа Н.В. Лучника показывает, что такой вывод ошибочен. Благодаря обширности материала удалось проанализировать распределение смертности во времени. Н.В. Лучник предположил, что огромная дисперсия и резкая асимметрия распределения свидетельствуют не об очень большой гетерогенности материала, а о многообразии причин гибели облученных животных. Он отмечает, что впервые на это обратил внимание еще в 1945 г. Г. Квастлер, выделивший с использованием оригинального, но частного метода, два «характеристических значения» продолжительности жизни облученных мышей. И опять все упирается в выбор метрики. С точки зрения поставленной задачи, анализ собственно распределения смертности во времени, т.е. частоты по-

гибших животных (от общего числа животных) в определенный день, не эффективен. Н.В. Лучник предлагает другую метрику: частоту гибели животных в течение определенного дня, т.е. в знаменателе берется не общее число мышей, но число мышей, доживших до данного дня. Это позволяет сразу же выявить несколько «пиков смертности». Особенно четкими они становятся, если по оси ординат на графике откладывать приращение пробита кумулятивной смертности по логарифму времени.

Венгерский математик А. Реньи вкладывает в уста «Архимеда замечательные слова:

«Тот, кто хочет применить математику, находится в положении человека, впрягающего в свою колесницу двух коней. Задача эта не столь трудна. Нужно лишь знать толк и в колесницах, и в лошадях, а такими познаниями обладает всякий возничий» [9]. Мы видим, что Николай Викторович показал себя в этой работе превосходным «возничим».

Пострадиационное поклеточное восстановление хромосомных aberrаций [10]. Исследование распределения изучаемого признака - необходимая предпосылка после дующего статистического анализа, поскольку вид распределения определяет выбор соответствующих методов, позволяет находить доверительный интервал для соответствующей статистики, контролировать методику опыта и т.п. [11]. Когда Н.В. Лучник начал заниматься проблемами радиационной цитогенетики, уже было известно, что показатель числа фрагментов на клетку не имеет ожидавшегося распределения Пуассона. Подтвердив этот факт при облучении семян гороха, Николай Викторович, однако, не ограничился его констатацией и формальным подбором подходящего теоретического распределения, как это сделали авторы одной из цитируемых им работ, показав, что экспериментальные данные хорошо описываются отрицательным биномиальным распределением или распределением Пойа. Н.В. Лучник ставит вопрос о генезисе наблюдаемого распределения. Как Николай Викторович сам рассказывал об этом, он обратил внимание на два обстоятельства. Во-первых, совокупность имеющихся данных свидетельствует о том, что хромосомные фрагменты, согласно принципу попадания, должны быть результатом одноударной реакции, и тогда в соответствии с характером взаимодействия излучения с веществом должно наблюдаться распределение Пуассона (как распределение независимых редких альтернативных событий). Этого мы не наблюдаем, т.е. наблюдаемое есть следствие наложения каких-то процессов на первичные повреждения, которые не могут быть распределены не по Пуассону. Во-вторых, характер отклонения от распределения Пуассона, постоянно воспроизводимый, заключается в эксцессе нулевого класса, т.е. превышении по сравнению с ожидаемым числа клеток без фрагментов. Если проигнорировать

нулевой класс (предположив его не наблюдаемым), то остальная часть распределения согласуется с пуассоновским.

Н.В. Лучник обратился к феномену пострадиационного восстановления. Анализ сразу же отверг механизм независимого восстановления отдельных первичных повреждений: вид распределения при этом механизме должен сохраниться, наблюдаемые фрагменты должны быть распределены по Пуассону. Тогда был рассмотрен другой механизм - поклеточного восстановления: первичные потенциальные повреждения имеют пуассоновское распределение, затем с постоянной, не зависящей от числа повреждений в клетке вероятностью, клетка или реализует все первичные повреждения, или все их восстанавливает. Таким образом, Н.В. Лучник предлагает композицию пуассоновского и биномиального распределений. Это новое распределение он назвал вырожденным (вследствие эксцесса нулевого класса) распределением Пуассона; проверка на обширном экспериментальном материале показала хорошее согласие этого теоретического распределения с наблюдаемым в опыте. А как же быть с упомянутым фактом хорошего согласия наблюдаемого распределения с отрицательным биномиальным и распределением Пойа? Решение Николая Викторовича характерно для подлинного биолога-теоретика: «... В пользу того, что вырожденное распределение Пуассона наиболее соответствует истине, свидетельствует то, что в проведенном анализе это распределение явилось результатом математической формализации гипотезы, обоснованной рядом разнообразных опытов, тогда как в цитированной работе гипотеза возникла из попытки объяснить теоретическое распределение, которое оказалось похожим на эмпирическое» [10, с. 182].

В лекциях Н.В. Лучник предлагал наглядную физическую модель вырожденного распределения Пуассона. Возьмите N чашек Петри и разбросайте по ним случайным образом n соляных шариков. Распределение шариков по чашкам будет распределением Пуассона со средним значением $a = n/N$ (чашки здесь - клетки, шарики - хромосомные фрагменты). Отберите случайным образом k чашек (вне зависимости от числа шариков в них!) - таким образом, число отобранных чашек задается биномиальным распределением с параметрами k и $p = k/N$. Налейте в отобранные чашки воду: шарики растворятся, исчезнут, т.е. чашки перейдут в нулевой класс (аналог поклеточного восстановления). Верните отобранные чашки в исходную совокупность - тогда наблюдаемое распределение шариков по чашкам будет вырожденным распределением Пуассона.

Как поступает специалист по математической статистике, получив новое распределение? Он находит точечные и интервальные оценки параметров, исследует свойства распределения и предельные переходы. Николай

Викторович не был профессионалом-математиком и до конца математико-статистическую задачу не решал. Он ограничился тем, чего требовала биологическая задача: предложил графический метод нахождения числа потенциальных повреждений по числу наблюдаемых. Позже вырожденное распределение Пуассона было получено Н.В.Лучником при статистическом анализе проблемы аминокислотного кода [12]. Николай Викторович не следил и не мог следить за специальной математико-статистической литературой. А между тем, к моменту публикации его статьи, пуассоновско-биномиальные распределения были описаны в двух работах на экологических примерах. Этот тип распределений достаточно подробно исследован, в частности найдены



Любимый учитель математики и биометрии академик А.А.Ляпунов (с бородой). Слева – дочь Ляпунова Наталья Алексеевна, справа – лауреат Нобелевской премии Дж. Уотсон. (На квартире у Ляпуновых)

предельные переходы к “инфекционным”, распределениям (типа упомянутых отрицательного биномиального и распределения Пойа). Сводку о современном математико-статистическом состоянии проблемы можно найти в [13].

Использование идеи композиций распределений в прикладных областях сегодня весьма актуально. В более общем виде, речь идет об идеологии неформального сопоставления наблюдаемого распределения с теоретическим, но о выявлении генезиса распределения, последовательно проводившейся Н.В. Лучником и в его исследованиях, и в его курсе биометрии. В соответствии с этой идеологией мы построили наш учебник “Биометрия” [14]. Вырожденное распределение Пуассона (только путем наложения пуассоновского распределения на биномиальное) мы получили недавно, при изучении распределения числа семян в бобе головки клевера белого, в условиях нефтяных загрязнений в Западной Сибири [15].

Обе рассмотренные работы Н.В.Лучника подводят к очень важной общей проблеме. В изменчивости, внутренне присущей биологическим явлениям и процессам, следует отделять собственно изменчивость (типа шумов

развития, генетической и фенотипической неоднородности особей и т.п.) от эффекта различных процессов, протекающих в живых системах во времени, налагающихся друг на друга или сменяющих друг друга. Гипотеза, рассматривающая кинетику процессов, подчас «лучше соответствует данным, чем гипотеза, отводящая изменчивости исключительную роль» [16].

В биометрических работах Н.В. Лучника мы видим удачное соединение классического биометрического подхода русских биологов (В.В. Алпатова, Ю.А. Филипченко, С.С. Четверикова, А.А. Сапегина, П.В. Терентьева, П.Ф. Рокицкого), умевших биологически осмыслить статистические показатели, с подходом математиков английской школы (К. Пирсона, Р. Фишера и их последователей, прежде всего Ч. Блисса, К. Мазера, Д. Финни), требовавших и умевших строить ясную математико-статистическую модель конкретных биологических явлений и процессов.

Биометрические работы Н.В. Лучника сегодня привлекают к себе внимание отнюдь не только как дань памяти выдающегося исследователя. Наряду с работами других исследователей (назовем, например, из наших соотечественников В.Ю. Урбаха [17], Л.А. Животовского [18], Н.Н. Хромова-Борисова [19], см. также [20]) они показывают необходимость оформления в рамках биометрии особого раздела знания, столь необходимого для научных работников, - биометрического анализа. Начинать здесь нужно с создания, пусть на факультативной основе, особого университетского курса «Биометрический анализ», который дополнил бы начальный курс «Биометрии» для магистрантов и аспирантов. В таком курсе идеи и методы Николая Викторовича Лучника займут, несомненно, достойное место.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афифи А., Эйзен С.* // Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ: Пер. с англ. / Под ред. Г.П. Башарина. М.: Мир, 1982. С. 295.
2. *Лучник Н.В.* // Тр. Ин-та биологии УФ АН СССР. Вып. 9. Свердловск, 1957. С. 77-106.
3. *Пауи К., Тимофеев-Рессовский Н.В.* // Ztsch. induct. Abstamm. und Vererbungslehre. 1943. Bd. 81. H. 2. S. 181—190. (Пер. с нем.: *Пэмау К., Тимофеев-Рессовский Н.В.* // Онтогенез, эволюция, биосфера. М.: Наука, 1989. С. 281-292).
4. *Fisher R.A.* The design of experiments. Edinburgh; London: Oliver a. Boyd., 1935. 252 p.
5. *Алтон Г.* Анализ таблиц сопряженности: Пер. с англ. / Под ред. Ю.П. Адлера. М.: Финансы и статистика, 1982. 143 с.
6. *Lea D.E.* Actions of radiation on living cells. Cambridge: Univ. Press., 1946. (Пер. с англ.:

- Ли Д.Е.* Действие радиации на живые клетки / Под ред. Н.П. Дубинина, Н.И. Шапиро. М.: Атомиздат, 1963, 288 с.)
7. *Timofeeff-Ressovsky N.W., Zimmer K.G.* Biophysik. Das Trefferprinzip in der Biologie. Bd. 1. Leipzig: Hirzel Verlag. 1947. 317S.
8. *Глотов Н.В., Арнаутова Г.И.* // Ботанические и генетические ресурсы флоры Дагестана. Махачкала: Даг. фил. АН СССР, 1981. С. 81-89.
9. *Репьи Л.* // Трилогия о математике: Пер. с венг. / Под ред. Б.В. Гнеденко. М.: Мир, 1980. С. 62.
10. *Лучник Н.В.* // Применение математических методов в биологии. Сб. 2. Л.: Изд-во ЛГУ, 1963. С. 177-182.
11. *Фишер Р.А.* Статистические методы для исследователей: Пер. с англ. М.: Госстатиздат, 1958. 268с.
12. *Лучник Н.В.* Статистический анализ проблемы аминокислотного кода. Свердловск:
Изд-во УФ АН СССР, 1963. 170 с.
13. *Johnson N.L., Kotz S., Kemp A.W.* // Univariate Discrete Distributions. 2nd Ed. N.Y.: J. Wiley, 1992. P. 364-368.
14. *Глотов Н.В., Животовский Л.А., Хованов Н.В., Хромов-Борисов Н.Н.* Биометрия. Л.:
Изд-во ЛГУ, 1982. 263с.
15. *Глотов Н.В., Максименко О.Е.* // Популяции растений: принципы организации и проблемы охраны природы. Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 1991. С. 75-76.
16. *Лучник Н.В., Ливчак Я.Б.* // Применение математических методов в биологии. Сб. 2. Л.:
Изд-во ЛГУ, 1963. С. 212-224.
17. *Урбах В.Ю.* // Цитология. 1966. Т. 8. № 4. С. 529-533.
18. *Животовский Л. А., Лазебный О.Е., Имашева А.Г.* // Генетика. 1989. Т. 25. № 1. С. 75-86.
19. *Хромов-Борисов Н.Н.* // Тез. докл. конф. по генетике промышленных микроорганизмов. Цахкадзор, 1973. С. 43.
20. *Borstel R.C. von* // Methods in cell biology. 1978. V. 20. P. 1-24.

Биологический научно-исследовательский институт Санкт-Петербургского государственного университета