



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.6>

UDC 577.121.7:579.25

LBC 28.57

## STUDY OF GENOTOXICITY AND OXIDATIVE STRESS OF MEDICINAL PLANTS IN MOUNTAIN TERRITORIES OF THE CHECHEN REPUBLIC

**Ruslan G. Gurbanov**

Chechen State University named after A.A. Kadyrov, Grozny, Russian Federation

**Petimat M. Dzhambetova**

Chechen State University named after A.A. Kadyrov, Grozny, Russian Federation

**Abstract.** Biologically active substances (BAS) contained in medicinal plants are used in the manufacture of medicines, and, accordingly, have certain properties, such as, for example, antioxidant, anti-inflammatory effect, bacteriostatic, bactericidal, the ability to increase the body's resistance to genotoxicants, etc. Infusions of medicinal plants *Origanum vulgare* and Greater celandine (*Chelidonium majus*), selected in their places of growth: in the mountains of Nozhai-Yurtovsky (1090 m above sea level) and Shatoisky (1200 m above sea level) areas of the Chechen Republic, traditionally used for medicinal purposes, were studied for the induction of oxidative stress on strains of luminescent bacteria *E. coli*. Artificially created *Escherichia coli* MG1655 biosensor strains containing specially designed plasmids of the pBR322 variant carrying the *Photobacterium luminescens* bacterium luxCDABE operon placed under an inducible promoter activated only when certain chemical agents appear in the medium were used in the work. *E. coli* strains with hybrid plasmids: pSoxS-lux or pKatG-lux were used for detection of substances causing oxidative stress in cells, and with hybrid plasmids: pColD-lux or pRecA-lux for detection of genotoxic substances. It was found that the studied medicinal infusions can have a synergistic effect in combination with the genotoxic drug dioxidine and the oxidant hydrogen peroxide. At the same time, they can act both as an antioxidant and as an antigenotoxicant, depending on the concentration. The concentrations of infusions of *Origanum vulgare* and *Chelidonium majus* at the concentration of Greater Celandine – 6 g (CN2) and 3 g (CN3) caused oxidative stress. All other concentrations of *Origanum vulgare* and Celandine greater on all bioluminescent strains of *E. coli* had a slight bactericidal effect. Further studies of biologically active substances of medicinal plants will make it possible to propose them as a protective barrier to the genotoxic, mutagenic or toxic effects of various environmental pollutants.

**Key words:** Common oregano (*Origanum vulgare*), Celandine (*Chelidonium majus*), oxidative stress, luminescent strains, *Escherichia coli*, antioxidant, genotoxicant.

**Citation.** Gurbanov R.G., Dzhambetova P.M. Study of Genotoxicity and Oxidative Stress of Medicinal Plants in Mountain Territories of the Chechen Republic. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 43-50. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.6>

УДК 577.121.7:579.25

ББК 28.57

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

**Руслан Гурбанович Гурбанов**

Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Российская Федерация

**Петимат Махмудовна Джамбетова**

Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Российская Федерация

**Аннотация.** Биологически активные вещества (БАВ), содержащиеся в лекарственных растениях, используются при изготовлении лекарственных препаратов, и, соответственно, обладают определенными свой-

ствами, такими как, например, антиоксидативность, противовоспалительный эффект, бактериостатичность, бактерицидность, способностью повышать устойчивость организма к генотоксикантам и т. д. Настои лекарственных растений Душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) и Чистотела большого (*Chelidonium majus*), отобранные в местах их произрастания: в горах Ножай-Юртовского (1090 м н.у.м.) и Шатойского (1200 м н.у.м.) районов Чеченской Республики, традиционно используемых в лекарственных целях, были исследованы на индукцию окислительного стресса на штаммах люминесцентных бактерий *E. coli*. В работе использовались искусственно созданные биосенсорные штаммы *Escherichia coli* MG1655, содержащие специально сконструированные плазмиды варианта pBR322, несущие оперон luxCDABE бактерии *Photobacterium luminescens*, поставленные под индуцируемый промотор, активирующийся лишь при появлении в среде определенных химических агентов. Для детекции веществ, вызывающих окислительный стресс в клетках, использовали штаммы *E. coli*, с гибридными плазмидами: pSoxS-lux или pKatG-lux и для детекции генотоксичных веществ – с гибридными плазмидами: pColD-lux или pRecA-lux. Выявили, что изученные лекарственные настои могут оказывать синергетический эффект в комплексе с генотоксичным лекарственным препаратом диоксидином и оксидантом – перекисью водорода. При этом могут выступать и как антиоксидант, и как антигенотоксикант, в зависимости от концентрации. Концентрации настоев *Origanum vulgare* и *Chelidonium majus* при концентрации Чистотела большого – 6 г (ЧН2) и 3 г (ЧН3) вызвали окислительный стресс. Все остальные концентрации Душицы обыкновенной и Чистотела большого на всех биолюминесцентных штаммах *E. coli* оказали небольшое бактерицидное воздействие. Дальнейшие исследования биологически активных веществ лекарственных растений позволят предложить их в качестве защитного барьера генотоксического, мутагенного или токсического воздействия различных загрязнителей окружающей среды.

**Ключевые слова:** Душица обыкновенная (*Origanum vulgare*), Чистотел большой (*Chelidonium majus*), окислительный стресс, люминесцентные штаммы, *Escherichia coli*, антиоксидант, генотоксикант.

**Цитирование.** Гурбанов Р. Г., Джамбетова П. М. Исследование генотоксичности и окислительного стресса лекарственных растений // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 43–50. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.6>

## Введение

На сегодняшний день, актуальной и перспективной областью изучения являются лекарственные растения. Обусловлено это рядом факторов: во-первых, все возрастающим интересом людей к доступным, а также недорогим средствам лечения и профилактики различных заболеваний; во-вторых, поиском относительно безвредных активных фармацевтических субстанций; в-третьих, недостаточной изученностью активных соединений лекарственных растений, а также и взаимодействие их с другими биологически активными веществами и лекарственными препаратами.

Биологически активные вещества (БАВ), содержащиеся в лекарственных растениях, используются при изготовлении лекарственных препаратов, и, соответственно, обладают определенными свойствами, такими как, например, антиоксидативность, противовоспалительный эффект, бактериостатичность, бактерицидность, способностью повышать устойчивость организма к генотоксикантам и т. д. К основным БАВ можно отне-

сти: алкалоиды, гликозиды, смолы, полисахариды, эфирные масла, органические кислоты, кумарины, хиноны, антраценпроизводные, флавоноиды и дубильные вещества [7; 9].

Целью данного исследования было изучение генотоксической/антигенотоксической и оксидативной/антиоксидативной активности настоев Душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) и Чистотела большого (*Chelidonium majus*).

## Материал и методы исследования

Лекарственные растения Душица обыкновенная (*Origanum vulgare*) и Чистотел большой (*Chelidonium majus*) были отобраны в местах их произрастания: в горах Ножай-Юртовского (1090 м н.у.м.) и Шатойского (1200 м н.у.м.) районов Чеченской Республики.

Для оптимального варианта приготовления настоев с целью минимизации потерь БАВ при воздействии высокой температуры, был выбран следующий метод приготовления настоев. Использовали высушенную надземную часть растения, перемолотая до порошкообразного состояния. Сырье помещают в стеклянную или эмалированную посуду, заливают

кипяченой водой, накрывают крышкой и настаивают в течение 15 минут, периодически надавливая на сырье ложкой, затем их отжимают. Объем полученного настоя доводят кипяченой водой до первоначального объема [10]. Настои предварительно стерилизуют ультрафиолетовым облучением.

В работе использовались искусственно созданные биосенсорные штаммы *Escherichia coli* MG1655, содержащие специально сконструированные плазмиды варианта pBR322, несущие оперон luxCDABE бактерии *Photobacterium luminescens*, поставленные под индуцируемый промотор, активирующийся лишь при появлении в среде определенных химических агентов [4]. Для детекции веществ, вызывающих окислительный стресс в клетках, использовали штаммы *E. coli*, которые несли гибридные плазмиды: pSoxS-lux или pKatG-lux. А для детекции генотоксичных веществ использовали данный штамм со следующими гибридными плазмидами: pColD-lux или pRecA-lux. Штаммы любезно предоставлены проф. Абиловым С.К. (ИОГен им. Н.И. Вавилова, Москва).

Культуры клеток *E. coli* выращивали на среде Луриа-Бертани (LB) с добавлением антибиотика ампициллина (100 мкг/мл). Ночная культура культивировалась в термостате в течение 17 часов при 37 °С до ранней экспоненциальной фазы. Затем она разбавлялась свежей питательной средой до плотности 0,1 ед. Макфарланда. Измерения проводились на денситометре DEN-1 («BioSan» Латвия). Полученную разведенную среду дополнительно культивировали 2 часа при 37 °С аэрируя ее на качалке с 120 об./мин до ранней экспоненциальной фазы. Аликвоты этой культуры (160 мкл) переносили в лунки микропланшета и добавляли туда же, в зависимости от варианта:

- 40 мкл дистиллированной воды при отрицательном контроле;
- смесь из 20 мкл дистиллированной воды и 20 мкл индуктора окислительного стресса /

или генотоксического вещества при положительном контроле. В качестве положительного контроля были использованы: диоксидин (0,05 мг/мл) для активации промоторов pColD и pRecA; пероксид водорода (0,01 мкг/мл) для активации промоторов pKatG и pSoxS;

- для оценки отдельных концентраций настоев добавляли 20 мкл исследуемого вещества и 20 мкл дистиллированной воды;

- для оценки совместного воздействия двух настоев на культуру, добавляли 20 мкл исследуемого вещества Душицы обыкновенной и 20 мкл Чистотела большого;

- для оценки общей индукции/ингибирования окислительного стресса или генотоксического действия, вызванного взаимодействием перекиси водорода / диоксидина с настоями, добавляли 20 мкл исследуемого вещества и 20 мкл оксиданта / генотоксиканта.

Микропланшет со всем его содержимым культивировали при 37 °С и снимали показания в определенные промежутки времени: pColD-lux – 90 мин, pKatG-lux – 45 мин, pSoxS-lux и pRecA-lux – 60 мин. Люминесценция измерялась на микропланшетном люминометре Luminometer photometer LM 01A (IMMUNOTECH s.r.o, Czech Republic).

Перечень всех исследуемых концентраций настоев и их комбинаций, а также аббревиатура, представлена в таблице 1.

Отношение интенсивности люминесценции культуры lux-биосенсора, содержащей исследуемое вещество ( $I_{ind}$ ), к интенсивности люминесценции контрольной культуры lux-биосенсора ( $I_0$ ) определяется как фактор индукции по формуле:  $R = I_{ind}/I_0$ .  $R$  – фактор индукции.  $R$  рассчитан для минимальной (достоверное повышение уровня свечения) и максимальной (максимальный уровень свечения) концентраций настоев по формуле  $R = I_{ind}/I_0$ , где  $I_0$  – уровень спонтанной люминесценции культуры,  $I_{ind}$  – уровень индуцированной люминесценции культуры.

Таблица 1

Список исследуемых концентраций настоев

Лекарственное растение	Аббревиатура	Концентрация настоев (на 100 мл)	Лекарственное растение	Аббревиатура	Концентрация настоев (100 мл)
Душица обыкновенная	ДН1	6 г	Чистотел большой	ЧН1	12 г
	ДН2	3 г		ЧН2	6 г
	ДН3	1.5 г		ЧН3	3 г

**Результаты исследования**

Результаты проведенного исследования представлены в таблицах 2 и 3.

Согласно полученным данным, отдельные концентрации настоев Душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) и Чистотела большого (*Chelidonium majus*) не проявили гено-

токсической и оксидативной активности (табл. 2), за исключением двух концентраций Чистотела большого – 6 г (ЧН2) и 3 г (ЧН3), которые показали незначительное повышение уровня биолюминесценции по сравнению с отрицательным контролем (в 1,01 и 1,1 раза больше) только на штамме pSoxS, то есть вызвали оксидативный стресс. Все остальные

Таблица 2

**Исследование влияния отдельных концентраций Душицы обыкновенной и Чистотела большого на биолюминесцентных штаммах *E. Coli***

Lux-штамм	Индукция люминесценции в бактериальных lux-биосенсорах, отн. ед.			
	pKatG	pColD	pSoxS	pRecA
Вариант эксперимента	Перекись водорода (0,01 М)	Диоксидин (0,000225 М)	Перекись водорода (0,01 М)	Диоксидин (0,000225 М)
I <sub>ind</sub>	85323 ± 6305	35798 ± 1507	64861 ± 2211	245638 ± 13548
I <sub>0</sub>	7407 ± 93	3632 ± 62	9645 ± 110	114492 ± 2267
I <sub>ind</sub> /I <sub>0</sub>	11,52	9,86	6,72	2,14
Душица обыкновенная				
ДН1, 6 г	5885 ± 85	2833 ± 59	8175 ± 239	100444 ± 2687
ДН2, 3 г	5827 ± 133	2814 ± 68	8377 ± 288	95465 ± 3667
ДН3, 1,5 г	5760 ± 155	2981 ± 55	8563 ± 279	95210 ± 4538
Чистотел большой				
ЧН1, 12 г	7459 ± 295	1697 ± 76	7690 ± 151	99025 ± 4222
ЧН2, 6 г	6690 ± 114	2529 ± 117	9786 ± 257	101438 ± 4001
ЧН3, 3 г	6229 ± 160	2830 ± 104	10594 ± 464	101704 ± 3097

Примечание. Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента, значение составило p < 0,05.

Таблица 3

**Исследование влияния комбинаций концентраций Душицы обыкновенной, Чистотела большого и оксиданта/или генотоксиканта на биолюминесцентных штаммах *E. Coli***

Вариант эксперимента	Индукция люминесценции в бактериальных lux-биосенсорах, отн. ед.			
	pKatG	pColD	pSoxS	pRecA
Вариант эксперимента	Перекись водорода (0,01 М)	Диоксидин (0,000225 М)	Перекись водорода (0,01 М)	Диоксидин (0,000225 М)
I <sub>ind</sub>	85323 ± 6305	35798 ± 1507	64861 ± 2211	245638 ± 13548
I <sub>0</sub>	7407 ± 93	3632 ± 62	9645 ± 110	114492 ± 2267
R=I <sub>ind</sub> /I <sub>0</sub>	11,52	9,86	6,72	2,14
Душица обыкновенная + индуктор (перекись водорода/или диоксидин)				
ДН1, 6 г	62225 ± 2379	38050 ± 1825	68012 ± 1599	236835 ± 15366
ДН2, 3 г	61534 ± 1288	34946 ± 1328	64332 ± 1145	209723 ± 12074
ДН3, 1,5 г	51884 ± 1011	33938 ± 880	64481 ± 1480	201977 ± 12147
Чистотел большой + индуктор (перекись водорода/или диоксидин)				
ЧН1, 12 г	63546 ± 2297	76557 ± 470	73143 ± 854	374793 ± 19324
ЧН2, 6 г	71892 ± 1760	66644 ± 875	90420 ± 2704	309401 ± 9175
ЧН3, 3	71591 ± 931	62028 ± 1736	81396 ± 2210	247962 ± 10089
Душица обыкновенная + чистотел большой				
ДН1+ЧН1	7459 ± 329	1501 ± 88	8524 ± 131	85496 ± 4970
ДН2+ЧН2	6768 ± 254	2727 ± 82	10517 ± 244	91660 ± 3394
ДН3+ЧН3	6499 ± 172	3137 ± 72	9638 ± 399	90485 ± 3303

Примечание. Достоверность определяли по t-критерию Стьюдента, значение составило p < 0,05.

изученные концентрации лекарственных растений Душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) и Чистотела большого (*Chelidonium majus*) на всех биолюминесцентных штаммах *E. coli* оказали небольшое бактерицидное воздействие.

В таблице 3 представлены данные как совместного действия настоев Душицы обыкновенной с Чистотелом большим, так и отдельное взаимодействие данных концентраций настоев с генотоксикантом/или оксидантом. В качестве генотоксиканта для штаммов pColD и pRecA используется диоксидин (в индукторной концентрации), а для штаммов pKatG и pSoxS в роли оксиданта выступает перекись водорода (в индукторной концентрации).

Исследования совместного действия индуктора и настоев показали, что Душица обыкновенная выступает в основном как антиоксидант/или антигенотоксикант. В свою очередь, Чистотел большой вместе с индуктором, в основном оказывает синергетический эффект, кроме штамма pKatG, где он выступает антиоксидантом.

### Обсуждение

Многие лекарственные растения используются как противовоспалительное, противовирусное, антибактериальное, ранозаживляющее, седативное, антиоксидантное, противовоспалительное и противовоспалительное средство, которые могут обладать дезинтоксикационным, обезболивающим, гепатопротекторным и антисептическим действием [12; 13; 14]. Такое широкий диапазон свойств лекарственных растений обусловлен наличием в их составе множества природных антиоксидантов фенольного класса, которые обуславливают их антиоксидантное, противовоспалительное действие, антимикробное, спазмолитическое и нейропротекторное действия [10; 11].

В нашем исследовании были изучены два вида лекарственных растений: Душица обыкновенной (*Origanum vulgare*) и Чистотела большого (*Chelidonium majus*) с использованием люкс-биосенсоров штаммов *E. coli*, каждый из которых специфически реагирует на различные генотоксические вещества изменением степени люминесценции [6]. Данный тест, наряду с известным тестом Эймса,

используют для оценки изучения антиоксидантной и антигенотоксической активности БАВ [2; 8].

В данном исследовании отдельные концентрации настоев Душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) и Чистотела большого (*Chelidonium majus*) не проявили генотоксической и оксидативной активности (табл. 2), при этом концентрации Чистотела большого 6 г и 3 г на штамме pSoxS показали незначительное повышение уровня люминесценции по сравнению с отрицательным контролем (в 1,01 и 1,1 раза больше). Все остальные приведенные концентрации на всех штаммах оказали небольшое бактерицидное воздействие, обусловленное наличием в лекарственных растениях фитонцидов.

Исследования совместного действия настоев и индуктора (табл. 3) показали, что Душица обыкновенная выступает, в основном, как вещество антиоксидант или антигенотоксикант, уменьшая воздействие оксиданта или генотоксиканта (то есть индуктора: перекись водорода или диоксидин) на бактериальную клетку. В свою очередь, настои Чистотела большого вместе с индуктором в значительной степени оказывают синергетический эффект, либо увеличивая окислительный стресс в клетке, либо увеличивают повреждение ДНК, кроме штамма pKatG, где настои Чистотела большого выступают в качестве антиоксиданта. В аналогичной работе с данными штаммами бактерий и лекарственными растениями Заилийского Алатау Казахстана было показано также, что настоем шалфея способен оказывать антиоксидантный эффект против перекиси водорода [5]. Синергетический эффект настоев Чистотела большого объясняется, возможно, тем фактом, что данное лекарственное растение содержит высокие концентрации алкалоидов [3].

### Выводы

Биологически активные соединения лекарственных растений оказывают влияние на метаболизм, в том числе могут нейтрализовать ряд веществ, оказывающих канцерогенное или мутагенное воздействия на наследственные структуры клеток. Активно учащаяся в метаболические процессы, они могут

нейтрализовать активные формы кислорода и свободные радикалы, активировать ферменты первой и второй фазы детоксикации ксенобиотиков, при этом могут активировать сами ксенобиотики [1].

Таким образом, в связи с вышесказанным, считаем, что требуется дальнейшее изучение биологически активных веществ лекарственных растений как защитного барьера генотоксического, мутагенного или токсического воздействия различных загрязнителей окружающей среды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов, Ю. П. Генетические процессы в популяциях / Ю. П. Алтухов. – М. : Академкнига, 2003. – 431 с.

2. Антигенотоксическая активность биологически активных веществ в экстрактах *Inula britannica* и *Limonium gmelinii* / А. В. Ловинская, С. Ж. Колумбаева, Т. М. Шалахметова [и др.] // Генетика. – 2017. – Т. 53, № 12. – С. 1393–1401. – DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016675817120086>

3. Журба, О. В. Лекарственные, ядовитые и вредные растения / О. В. Журба, М. Я. Дмитриев. – М. : КолосС, 2008. – 512 с.

4. Игонина, Е. В. Лух-биосенсоры: скрининг биологически активных соединений на генотоксичность / Е. В. Игонина, М. В. Марсова, С. К. Абилов // Экологическая генетика. – 2016. – № 14 (4). – С. 52–62. – DOI: <https://doi.org/10.17816/ecogen14452-62>

5. Изучение антигенотоксической активности настоев лекарственных растений Заилийского Алатау / А. В. Ловинская, Н. Т. Бекмагамбетова, А. Т. Адыбаева [и др.] // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2019. – Т. 58, № 1. – С. 26–38. – DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2019.v58.i1.03>

6. Индукция окислительного стресса и SOS-ответа в бактериях *Escherichia coli* растительными экстрактами: роль гидроперекисей и эффект синергизма при совместном действии с цисплатиной / И. В. Манухов, В. Ю. Котова, Д. Г. Мальдов [и др.] // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 5. – С. 590–597.

7. Масленников, П. В. Содержание фенольных соединений в лекарственных растениях ботанического сада / П. В. Масленников, Г. Н. Чупахина, Л. Н. Скрыпник // Известия РАН. Серия биологическая. – 2013. – № 5. – С. 551–557. – DOI: <https://doi.org/10.7868/S000233291305010X>

8. Мачигов, Э. А. Изучение генотоксичности параквата с помощью бактериальных лух-биосенсоров / Э. А. Мачигов, Д. А. Свиридова, С. К. Абилов // Медицинская генетика. – 2020. – № 19 (9). – С. 63–64.

9. Парийчук, Н. В. Парофазный газохроматографический анализ летучих компонентов лекарственного растительного сырья и фитопрепаратов : дис. ... канд. хим. наук / Парийчук Нина Владимировна. – Саратов, 2018. – 174 с.

10. Чукуриди, С. С. Лекарственные растения и их использование в фитотерапии : метод. пособие для лабораторных и самостоятельных работ студентов по направлению 110400.62 «Агрономия» (бакалавриат) биологических факультетов университетов / С. С. Чукуриди, Л. С. Кричевская, Н. А. Сионова. – Краснодар : Изд-во КубГАУ, 2012.

11. Composition, antioxidant, antimicrobial and enzyme inhibition activities of two *Origanum vulgare* subspecies (subsp. vulgare and subsp. hirtum) essential oils / C. Sarikurkcü, G. Zengin, M. Oskay et al. // Industrial Crops and Products. – 2015. – Vol. 70. – P. 178–184. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.030>

12. Hypotensive mechanism of the extracts and artemetin isolated from *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) in rats / P. De Souza, A. Gasparotto, S. Crestani [et al.] // Phytomedicine. – 2011. – Vol. 18, № 10. – P. 819–825. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.02.005>

13. In vitro and in vivo studies of natural products: A challenge for their valuation. The case study of chamomile (*Matricaria recutita* L.) / S. Petronilho, M. Maraschin, M. A. Coimbra, S. M. Rocha // Industrial Crops and Products. – 2012. – Vol. 40, № 1. – P. 1–12. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.041>

14. Malathion-induced testicular toxicity in male rats and the protective effect of vitamins C and E / F. Uzun, S. Kalender, D. Durak et al. // Food and Chemical Toxicology. – 2009. – Vol. 47, № 8. – P. 1903–1908. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.001>

### REFERENCES

1. Altuhov Yu.P. *Geneticheskie processy v populyaciyah* [Genetic Processes in Populations]. Moscow, Akademkniga Publ., 2003. 431 p.

2. Lovinskaya A.V., Kolumbaeva S.Zh., Shalahmetova T.M. et al. Antigenotoksicheskaya aktivnost' biologicheskii aktivnykh veshchestv v ekstraktakh *Inula britannica* i *Limonium gmelinii* [Antigenotoxic Activity of Biologically Active Substances in Extracts of *Inula Britannica* i *Limonium Gmelinii*]. *Genetika*, 2017, vol. 5, no. 12, pp. 1393-1401. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0016675817120086>

3. Zhurba O.V., Dmitriev M.Ya. *Lekarstvennye, yadovitye i vrednye rasteniya* [Medicinal, Poisonous and Harmful Plants]. Moscow, KolosS Publ., 2008. 512 p.

4. Igonina E.V., Marsova M.V., Abilev S.K. Lux-biosensory: skringing biologicheskii aktivnykh soedinenij na genotoksichnost' [Lux-Biosensors: Screening Biologically Active Compounds for Genotoxicity]. *Ekologicheskaya genetika*, 2016, no. 14 (4), pp. 52-62. DOI: <https://doi.org/10.17816/ecogen14452-62>
5. Lovinskaya A.V., Bekmagambetova N.T., Adybaeva A.T. et al. Izuchenie antigenotoksicheskoi aktivnosti nastoev lekarstvennykh rastenij Zailijskogo Alatau [The Study of Antigenotoxic Activity of the Medicinal Plants Infusions of Trans-Ili Alatau]. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya* [Eurasian Journal of Ecology], 2019, vol. 58, no. 1, pp. 26-38. DOI: <https://doi.org/10.26577/EJE.2019.v58.i1.03>
6. Manuhov I.V., Kotova V.Yu., Mal'dov D.G. et al. Induktsiya oksidativnogo stressa i SOS-otveta v bakteriyakh *Escherichia coli* rastitel'nykh ekstraktami: rol' gidroperekisej i effekt sinergizma pri sovmestnom dejstvii s cisplatinom [Induction of Oxidative Stress and SOS Response in *Escherichia coli* by Vegetable Extracts: The Role of Hydroperoxides and the Synergistic Effect of Simultaneous Treatment with Cisplatinum]. *Mikrobiologiya* [Microbiology], 2008, vol. 77, no. 5, pp. 590-597.
7. Maslennikov P.V., Chupahina G.N., Skrypnik L.N. Soderzhanie fenol'nykh soedinenij v lekarstvennykh rasteniyakh botanicheskogo sada [The Content of Phenolic Compounds in Medicinal Plants of a Botanical Garden]. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series], 2013, no. 5, pp. 551-557. DOI: <https://doi.org/10.7868/S000233291305010X>
8. Machigov E.A., Sviridova D.A., Abilev S.K. Izuchenie genotoksichnosti parakvata s pomoshch'yu bakterial'nykh lux-biosensov [The Study of Paraquat Genotoxicity by Bacterial Lux-Biosensors]. *Medicinskaya genetika*, 2020, no. 19 (9), pp. 63-64.
9. Parijchuk N.V. *Parofaznyj gazohromatograficheskij analiz letuchikh komponentov lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i fitopreparatov: dis. ... kand. khim. nauk* [Headspace gas Chromatographic Analysis of Volatile Components of Medicinal Plant Raw Materials and Phytopreparations]. Saratov, 2018. 174 p.
10. Chukuridi S.S., Krichevskaya L.S., Sionova N.A. *Lekarstvennye rasteniya i ikh ispol'zovanie v fitoterapii: metod. posobie dlya laboratornykh i samostoyatel'nykh rabot studentov po napravleniyu 110400.62 «Agronomiya» (bakalavriat) biologicheskikh fakul'tetov universitetov* [Medicinal Plants and Their use in Herbal Medicine: Method. Manual for Laboratory and Independent Work of Students in the Direction 110400.62 "Agronomy" (Bachelor's Degree) of Biological Faculties of Universities]. Krasnodar, Izd-vo KubGAU, 2012.
11. Sarikurkcü C., Zengin G., Oskay M. et al. Composition, Antioxidant, Antimicrobial and Enzyme Inhibition Activities of two *Origanum vulgare* Subspecies (Subsp. *vulgare* and Subsp. *hirtum*) Essential Oils. *Industrial Crops and Products*, 2015, vol. 70, pp. 178-184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.030>
12. De Souza P., Gasparotto A., Crestani S. et al. Hypotensive Mechanism of the Extracts and Artemetin Isolated from *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) in Rats. *Phytomedicine*, 2011, vol. 18, no. 10, pp. 819-825. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2011.02.005>
13. Petronilho S., Maraschin M., Coimbra M.A., Rocha S.M. In Vitro and in Vivo Studies of Natural Products: A Challenge for Their Valuation. The Case Study of Chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Industrial Crops and Products*, 2012, vol. 40, no. 1, pp. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.02.041>
14. Uzun F., Kalender S., Durak D. et al. Malathion-Induced Testicular Toxicity in Male Rats and the Protective Effect of Vitamins C and E. *Food and Chemical Toxicology*, 2009, vol. 47, no. 8, pp. 1903-1908. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.05.001>

### **Information About the Authors**

**Ruslan G. Gurbanov**, Undergraduate, Chechen State University named after A.A. Kadyrov, A. Sheripova St, 32, 364024 Grozny, Russian Federation, [ruslan.gurbanov2013@yandex.ru](mailto:ruslan.gurbanov2013@yandex.ru)

**Petimat M. Dzhambetova**, Doctor of Sciences (Biology), Associate Professor, Professor, Department of Cell Biology, Morphology and Microbiology, Chechen State University named after A.A. Kadyrov, A. Sheripova St, 32, 364024 Grozny, Russian Federation, [petimat-lg@rambler.ru](mailto:petimat-lg@rambler.ru)

### **Информация об авторах**

**Руслан Гурбанович Гурбанов**, магистрант, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ул. А. Шерипова, 32, 364024 г. Грозный, Российская Федерация, [ruslan.gurbanov2013@yandex.ru](mailto:ruslan.gurbanov2013@yandex.ru)

**Петимат Махмудовна Джамбетова**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры клеточной биологии, морфологии и микробиологии, Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, ул. А. Шерипова, 32, 364024 г. Грозный, Российская Федерация, [petimat-lg@rambler.ru](mailto:petimat-lg@rambler.ru)