

УДК 577.34:595.111 (06)

Н.А. ПОМОРЦЕВА¹, Н.К. РОДИОНОВА², Д.И. ГУДКОВ¹¹Институт гидробиологии НАН Украины
пр-т. Героев Сталинграда, 12, Киев 04210²Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины
ул. Васильковская, 45, Киев 03022

КЛЕТОЧНЫЙ СОСТАВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ КАРАСЯ ОБЫКНОВЕННОГО В ВОДОЕМАХ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Приведены данные о состоянии основных клеточных параметров периферической крови у аборигенного вида карася обыкновенного *Carassius carassius* L. из наиболее загрязненных радионуклидами озер Чернобыльской зоны отчуждения. Проанализировано соотношение клеток эритроидного, лейкоцитарного и тромбоцитарного рядов крови, а также частоту возникновения нетипичных форм эритроцитов.

Ключевые слова: Чернобыльская зона отчуждения, водные экосистемы, рыбы, гематологические показатели

Кроветворная и иммунная системы рыб являются наиболее чувствительными к воздействию ионизирующего излучения. И. А. Шеханова (1980) приводит минимальные пороговые мощности поглощенной дозы для разных систем рыб: кроветворной – 0,0005–0,001 Гр/сут.; воспроизводительной – 0,002–0,005; эндокринной – 0,007–0,01; дыхательной – 0,03–0,05 Гр/сут. На основании длительных наблюдений [11] был сделан вывод о том, что среднегодовая доза для рыб, как одного из наиболее радиочувствительных компонентов водных экосистем, не должна превышать 0,04 Гр. Выше этого предела простирается зона, в которой проявляются разнообразные нарушения функций жизнедеятельности рыб. Сходные данные приводят Т.Г. Сазыкина и А.И. Крышев (2003), отмечая, что пороговым уровнем для появления первых изменений в крови рыб и первых признаков снижения функционирования иммунной системы является мощность поглощенной дозы 0,0005–0,001 Гр/сут. с годовой дозой 0,05–0,2 Гр.

Радиобиологические исследования рыб водоемов Чернобыльской зоны отчуждения (далее Зона отчуждения) были ограничены в основном анализом морфометрических показателей, включая флуктуирующую асимметрию парных органов, а также оценкой состояния репродуктивной системы представителей ихтиофауны, в основном, водоема-охладителя ЧАЭС [1, 9]. При этом, кроветворная и иммунная системы остались вне внимания исследователей как для рыб водоема-охладителя ЧАЭС, так и других водоемов Зоны отчуждения, характеризующихся крайне низкими темпами самоочищения и повышенными хроническими дозовыми нагрузками на гидробионтов.

Основной целью представленных исследований было установление особенностей гематологических реакций у рыб Зоны отчуждения в условиях хронического радиационного воздействия и их зависимость от мощности поглощенной дозы.

Материал и методы исследований

Объектом исследований был карась обыкновенный *Carassius carassius* L. Сбор материала проводили в августе 2009 г. в озерах Глубокое и Азбучин, расположенные в ближней (10-километровой) Зоне отчуждения. Контролем служила рыба, отобранная в этот же период в Киевском водохранилище. Измерение удельной активности радионуклидов в тканях рыб, оценку мощности поглощенной дозы от инкорпорированных ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ^{238, 239, 240}Pu и ²⁴¹Am, а также гематологические исследования выполняли согласно методикам, изложенным в [2–4, 7, 12].

Результаты исследований и их обсуждение

Удельную активность основных дозообразующих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в рыбе исследуемых водоемов регистрировали в таких диапазонах: оз. Глубокое – ^{90}Sr – 660–29000 (10550) Бк/кг, ^{137}Cs – 2500–19000 (8640); оз. Азбучин – ^{90}Sr – 7000–139500 (26000), ^{137}Cs – 1800–13000 (4260) Бк/кг; Киевское водохранилище – ^{90}Sr – 1,2–16,5 (4,9), ^{137}Cs – 5,6–105,8 (43,5) Бк/кг. Таким образом, средние значения удельной активности основных радионуклидов в рыбе озер Зоны отчуждения на три порядка и более превышают аналогичные показатели для рыб Киевского водохранилища. Мощность поглощенной дозы от инкорпорированных радионуклидов отмечена на уровне 17 мкГр/час, 15, и 0,01 мкГр/час, соответственно, для рыб оз. Азбучин, оз. Глубокое и Киевского водохранилища. То есть, внутренняя доза облучения рыб, исследованных озер Зоны отчуждения, составляет около 0,4 мГр/сут. с годовой дозой 0,15 Гр. Если учитывать также внешнюю дозу облучения, которую рыбы получают в периоды нагула и зимовки, проводящие вблизи высокоактивных донных отложений, можно предположить, что суммарная мощность поглощенной дозы, согласно [13], будет приближаться к пороговому уровню, при котором проявляются негативные эффекты в репродуктивной системе рыб.

При проведении гематологических исследований установлено, что у карасей, обитающих в озерах Зоны отчуждения, при действии хронического ионизирующего излучения отмечаются значительные количественные и качественные изменения во всех ростках кроветворения. Отмечено, что у рыб из водоемов с высоким уровнем радионуклидного загрязнения содержание лейкоцитов и тромбоцитов существенно превышает уровень, выявленный у карасей Киевского водохранилища, а также наблюдается увеличенное содержание овальных форм тромбоцитов (табл. 1). Круглые и овальные тромбоциты различны по происхождению и дифференцированы функционально [3]. Типичным для рыб данного вида является тромбоцитопоз с образованием круглых тромбоцитов. Однако при развитии токсических заболеваний в потоке крови наряду с круглыми тромбоцитами встречаются и овальные [8]. Такое явление отмечено у личинок рыб с интоксикацией, сопровождающейся гемолизом эритроцитов. Выявленный лейкоцитоз в данном случае, очевидно, можно расценивать, как результат развития компенсаторно-приспособительной реакции кроветворения на действие низкодозового хронического ионизирующего излучения.

Таблица 1

Количество лейкоцитов и тромбоцитов в расчете на 1000 эритроцитов в периферической крови карася обыкновенного, %.

Водоем	Тромбоциты		Лейкоциты
	круглые	овальные	
оз. Глубокое	6,4±2,4	1,8±1,2	43,7±4,5
оз. Азбучин	4,6±1,8	3,1±1,1	47,9±7,3
Киевское водохранилище	2,0±0,8	0,5±0,1	25,1±2,6

При анализе лейкограмм установлено, что лейкоцитоз у карасей из озер Зоны отчуждения обусловлен лимфоцитарной фракцией, причем наиболее высокие показатели регистрировали у карасей из оз. Азбучин (табл. 2). Обращает на себя внимание снижение процентного содержания клеток гранулоцитарного ряда кроветворения в периферической крови карася обыкновенного, обитающего в озерах Зоны отчуждения, по сравнению с рыбами Киевского водохранилища. При этом прослеживается определенная дозовая зависимость. Однако, учитывая тот факт, что абсолютное содержание лейкоцитов у карасей, отловленных в озерах Азбучин и Глубокое в 3,5 и 1,6 раза, соответственно, было выше, чем в рыбе Киевского водохранилища, можно говорить об отсутствии абсолютного снижения количества ранних генераций гранулоцитарного ряда. У рыб оз. Азбучин, наоборот, при мало отличающейся доле палочкоядерных (п/я) и сегментоядерных (с/я) нейтрофилов, их абсолютное число увеличено. В то время как у карасей, отловленных в оз. Глубокое, абсолютное число нейтрофильных гранулоцитов снижено, при относительном и абсолютном увеличении содержания псевдоэозинофильных и псевдобазофильных гранулоцитов.

Лейкограммы карася обыкновенного в водоемах с различным уровнем радионуклидного загрязнения, % ($M \pm m$).

Показатель	Водоем		
	оз. Глубокое	оз. Азбучин	Киевское в-ще
Молодые гранулоциты	12,0±6,6	5,6±0,8	19,8±7,0
Нейтрофилы (п/я)	1,2±0,6	2,0±0,5	4,1±2,6
Нейтрофилы (с/я)	0,7±0,3	1,2±0,2	1,3±1,2
Псевдоэозинофилы	4,7±1,7	1,1±0,3	5,4±3,1
Псевдобазофилы	3,9±1,4	0,2±0,1	2,1±1,2
Моноциты	0,7±0,3	0,3±0,2	1,3±0,2
Лимфоциты	74,4±9,2	84,5±4,4	60,5±6,3
Пенистые клетки	2,5±1,6	2,9±0,9	5,1±2,2

Выводы

Таким образом, увеличение содержания тромбоцитов (включая атипичные формы), лейкоцитоз за счет лимфоцитарной фракции, свидетельствуют о влиянии хронического радиационного воздействия на систему кроветворения рыб в озерах Зоны отчуждения. На данном этапе это влияние можно оценить как повышенную реактивность системы крови на повреждающее действие ионизирующего излучения, что в последующем не исключает ослабление компенсаторных механизмов и снижение адаптивных и приспособительных реакций организма рыб.

О значительном влиянии радионуклидного загрязнения водоемов на гемопоэз у рыб свидетельствуют и данные по исследованию состояния эритроцитарного звена периферической крови. В мазках крови отмечены аномалии в структуре зрелых эритроцитов – отсутствие ядер и ацентричное расположение ядер в клетке. У карасей из озер Азбучин и Глубокое количество эритроцитов с деформацией ядер составило, соответственно, 5,8±3,7% и 5,0±1,4%. В контрольном водоеме частота встречаемости эритроцитов с деформацией ядра была значительно ниже – 0,3±0,2%. Атипичная форма ядра эритроцитов у здоровых рыб, по данным ряда авторов, встречается с частотой до 0,4% [5, 6]. Увеличение частоты встречаемости эритроцитов с деформированным ядром (различные формы инвагинаций ядерной оболочки) оценивается как дегенеративные изменения клеток красной крови, возникающие в результате негативного воздействия факторов внешней среды на организм рыб.

1. Белова Н. В. Радиобиологический анализ белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС в послеварийный период. 1. Состояние воспроизводительной системы рыб перенесших аварию / Н. В. Белова, Б. В. Веригин, Н. Г. Емельянова. – М. : Вопросы ихтиологии. – 1993. – Т. 33, № 6. – С. 814–828.
2. Житенева Л. Д. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб / Л. Д. Житенева, Т. Г. Полтавцева, О. А. Рубницкая. – Ростов-на-Дону : Ростовское книжное издательство, 1989. – 111 с.
3. Житенева Л. Д. Тромбоциты рыб и других групп позвоночных / Л. Д. Житенева, Э. В. Макаров, О. А. Рудницкая. – Ростов-на-Дону, 2003. – 63 с.
4. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб / Н. Т. Иванова. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 184 с.
5. Картина крови молоди кеты как индикатор загрязнения водоемов тяжелыми металлами / Межд. научн. кКонф. «Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах», 27–29 мая 2002 г., Москва. – Москва, 2002. – 123 с.
6. Лугаськова Н. В. Видовая специфика цитогенетической стабильности рыб в условиях эвтрофного водоема / Н. В. Лугаськова. – М. : Экология. – 2003. – № 3. – С. 235–240.
7. Основные дозообразующие радионуклиды в рыбе зоны отчуждения Чернобыльской АЭС / Д. И. Гудков, А. Е. Каглян, С. И. Киреев [и др.] – М. : Радиационная биология. Радиоэкология. – 2008. – Т. 48, № 1. – С. 48–58.
8. Серпунин Г. Г. Гематологические показатели адаптации рыб : автореф. дисс. на соискание уч. степ. доктора биол. наук / Г. Г. Серпунин. – Калининград, 2002.
9. Рябов И. Н. Радиоэкология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС / И. Н. Рябов. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 215 с.
10. Шеханова И. А. Радиоэкологические аспекты защиты поверхностных вод при мирном использовании ядерной энергии (Проблемы и задачи радиоэкологии животных). – М. : Наука, 1980. – С. 14–35.

11. Шеханова И. А. Радиоэкология рыб / И. А. Шеханова. – М. : Легкая и пищевая пром.-сть, 1983. – 204 с.
12. *Handbook for assessment of the exposure of biota to ionising radiation from radionuclides in the environment* / Eds. J. Brown, P. Strand, A. Hosseini, P. Børretzen. – Project within the EC 5th Framework Programme, Contract № FIGE-CT-2000-00102. – Framework for Assessment of Environmental Impact, 2003. – 395 p.
13. Sazykina T. G. Effects of ionizing radiation to aquatic organisms / T. G. Sazykina, A. I. Kryshev. // The EPIC database. Contributed Papers of the International Conference on the Protection of the Environment from the Effects of Ionizing Radiation, 6–10 October 2003, Stockholm, Sweden. – Stockholm, 2003. – P. 91–94.

Н.А. Поморцева¹, Н.К. Родіонова², Д.І. Гудков¹

¹Інститут гідробіології НАН України, Київ

²Інститут експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р.С. Кавецького НАН України, Київ

КЛІТИННИЙ СКЛАД ПЕРИФЕРИЧНОЇ КРОВІ КАРАСЯ ЗВИЧАЙНОГО У ВОДОЙМАХ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

Наведено дані про стан основних клітинних параметрів периферичної крові у аборигенного виду карася звичайного *Carassius carassius* L. з найбільш забруднених радіонуклідами озер Чорнобильської зони відчуження. Проаналізовано співвідношення клітин еритроїдного, лейкоцитарного і тромбоцитарного рядів крові, а також частоту виникнення нетипових форм еритроцитів.

Ключові слова: Чорнобильська зона відчуження, водні екосистеми, риби, гематологічні показники

N.A. Pomortseva¹, N.K. Rodionova², D.I. Gudkov¹

¹Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

²R.E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology of the NAS of Ukraine, Kyiv

CELLULAR PARAMETERS OF PERIPHERAL BLOOD OF THE CRUCIAN CARP IN WATER BODIES WITHIN THE CHERNOBYL EXCLUSION ZONE

The data about state of basic cellular parameters of peripheral blood of the aboriginal species the crucian carp *Carassius sarassius* L., dwelling in the lakes within the Chernobyl exclusion zone with highest levels of radioactive contamination, are resulted. The ratio of erythroid, leukocytic and thrombocytic blood cell groups as well as rate of atypical shape of red blood cells is analysed.

Keywords: Chernobyl exclusion zone, aquatic ecosystems, fish, hematological parameters

Рекомендує до друку

В.З. Курант

Надійшла 28.02.2011