

УДК 575.224.4; 575.1

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА АЛТЫН-ЭМЕЛЬ**

¹⁾ Чередниченко О.Г., ²⁾ Магда И.Н., ²⁾ Соловьев А.Ю., ³⁾ Мамилев Н.Ш., ⁴⁾ Арифлулова И.А.,
⁵⁾ Чирикова М.А., ¹⁾ Пилюгина А.Л., ¹⁾ Байгушикова Г.М., ²⁾ Соловьев И.А.

¹⁾ *Институт общей генетики и цитологии КН МОН РК, Алматы, Казахстан*

²⁾ *ТОО «Актино-СКБ», Алматы, Казахстан*

³⁾ *КазНУ им. аль-Фараби МОН РК, Алматы, Казахстан*

⁴⁾ *ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция», Алматы, Казахстан*

⁵⁾ *Институт зоологии КН МОН РК, Алматы, Казахстан*

cherogen70@mail.ru

Представлены результаты сравнительного цитогенетического и морфо-биологического исследования индикаторных групп животных, обитающих на территории Национального парка «Алтын-Эмель» и на участке законсервированного Сулучекинского уранового месторождения (Алматинская область, Кербулакский район), где осуществлялась опытно-экспериментальная добыча урана с использованием технологии ПСВ (подземного скважинного выщелачивания). По данным определения МЭД (мощность эквивалентной дозы γ – мкЗв/ч), и поверхностной альфа-активности (α – част./мин \times см²) в целом для территории месторождения и прилегающих обследованных участков не установлено радиоактивного загрязнения. Однако в контуре наблюдательной скважины сейсмологической станции «Калкан» значения МЭД определяются в диапазоне (0,462–4,158 мкЗв/ч), которые превышают нормативы. Для животных индикаторных групп (рыбы и амфибии), обитающих в границах месторождения, наблюдается повышенный уровень цитогенетических нарушений (микроядерный тест у рыб) и аномалии ротового аппарата у головастиков жаб комплекса *Bufo viridis*.

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря геологическим особенностям Казахстана обладает одной из крупнейших в мире сырьевой базой урана и тория [1]. В районах расположения урановых, ториевых и редкоземельных месторождений и рудопоявлений почвы и горные породы характеризуется относительно высоким естественным радиационным фоном. Также в гидрогеологическом плане относительно широкое распространение получили природные подземные воды с высокими содержаниями радионуклидов, которые приурочены к геологическим урановорудным провинциям. Рудоформирующие зоны водоносных горизонтов помимо радионуклидов могут содержать сверхнормативные (выше ПДК) концентрации Se, Br, Mn, Al, Fe, Cd. Типичны для аридных зон локальные приповерхностные инсоляционно-эвапорационные скопления U. Иногда повышенное фоновое содержаниями U и Th проявляется в виде выходов на дневную поверхность интрузивных и эффузивных горных пород. Наличие крупных разломов с повышенным эманированием приводит к значительному увеличению концентрации радона и его дочерних продуктов распада [2–7].

Промышленное извлечение урана методом ПСВ (подземное скважинное выщелачивание), характеризуется меньшим воздействием на окружающую среду по сравнению с традиционными методами добычи (карьерным и шахтным), при которых происходит безвозвратное отчуждение и загрязнение подземных вод, земель и загрязнение воздушного бассейна [8]. Наиболее крупные открытия месторождений для ПСВ были осуществлены в 1969–1980 г.г., при про-

ведении поисково-разведочных работ в Шу-Сарысуйской и Илийской впадинах [9]. В границах Илийской межгорной впадины в составе одноименной урановорудной провинции, было разведано крупное урановое месторождение пластово-инфильтрационного типа – Сулучекинское (современная территория Государственного национального природного парка «Алтын-Эмель» (далее ГНПП «Алтын-Эмель»)). Здесь в 60-х и 80-х годах 20 века на базе Геолого-разведочного поселка (ГРП) проводилась площадная разведка запасов урана в Илийской рудной провинции. В конце 80-х годов на Сулучекинском месторождении осуществлялась опытно-экспериментальная добыча урана способом ПСВ. К концу 80-х это производство и сама деятельность ГРП была полностью остановлена. На гео-технологическом полигоне (ГТП), где осуществлялась опытная добыча, была проведена рекультивация, скважины ликвидированы [10]. По заключению специалистов «Волковгеологии» отрицательные экологические эффекты не установлены [9]. Впоследствии поселок геологов практически перестал существовать для отрасли и как населенный пункт. Сохранилось несколько домостроев в виде фермерских хозяйств. Сулучекинское и все остальные урановые месторождения Илийской урановорудной провинции были переведены в долгосрочный резерв горнодобывающей промышленности Казахстана [10].

В настоящее время контроль радиоактивного загрязнения приземного слоя атмосферы на территории Алматинской области, куда входит по месту расположения ГНПП «Алтын-Эмель», осуществляется

специализированными подразделениями, РГП «Казгидромет» на 5-ти метеорологических станциях (Алматы, Нарынкол, Жаркент, Лепсы, Талдыкорган). По результатам работ за август 2019 г. в целом в Алматинской области средние значения радиационного гамма-фона приземного слоя атмосферы по населенным пунктам области находились в пределах 0,12–0,23 мкЗв/ч. В среднем по области радиационный гамма-фон составил 0,17 мкЗв/ч, что не превышает естественного фона. Среднесуточная плотность радиоактивных выпадений в приземном слое атмосферы на территории области колебалась в пределах 0,7–1,8 Бк/м². Средняя величина плотности выпадений по области составила 1,2 Бк/м², что не превышает предельно-допустимый уровень [11]. При этом обычно выполняемое определение суммарной бета-активности радиоактивных выпадений, по результатам перых измерений (через одни сутки после отбора проб) составляло не более 110 Бк/м², что по заключению РГП «Казгидромет» является допустимым значением суточных радиоактивных выпадений [12].

Однако проводимый таким образом радиэкологический контроль не всегда может детально и однозначно характеризовать такие большие территории. Так, ряд исследований показывает, что на участках, где выполнялись работы по разведке и кратковременной эксплуатации месторождений и рудопроявлений урана со временем по разным причинам природного и антропогенного происхождения могут проявляться локальные радиоактивные загрязнения [13, 14]. Со времени консервации и ликвидации опытно-экспериментального рудника (ПСВ) на Сулучекинском месторождении прошло достаточно много времени и к тому же изменилось хозяйственное назначение данных земель и территории. Ранее законсервированное месторождение оказалось в границах особо охраняемой природной территории ГНПП «Алтын-Эмель», которая к настоящему времени изменяет границы (ТЭО – расширения территории парка, 2019 г.) и статус, переходя в новую форму существования – Биосферный резерват.

При выполнении научно-исследовательских работ на территории ГНПП «Алтын-Эмель» было проведено изучение цитогенетических и эколого-фаунистических особенностей индикаторных групп животных с радио-дозиметрическим контролем местности. Подобный подход дает возможность определить степень воздействия негативных экологических факторов уранового месторождения на животных данной территории. Опыт оценки состояния фауны на отдельных территориях СИП (Семипалатинского испытательного полигона) подтверждает верность этого подхода и показывает наличие у особей из индикаторных групп позвоночных и беспозвоночных животных аномалий в развитии и цитогенетические нарушения [15–18].

Относительно благополучное радиэкологическое состояние в целом Алматинской области не исключает вероятность локального радиоактивного влияния бывшего рудника на объекты окружающей сре-

ды – почвы, флору и фауну, природные воды, приземный слой атмосферы ГНПП «Алтын-Эмель». Это определяет актуальность изучения современной радиационной обстановки мониторинговой территории Национального парка и выполнения исследований морфо-функциональных характеристик, особенностей развития и генетического статуса обитающих индикаторных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

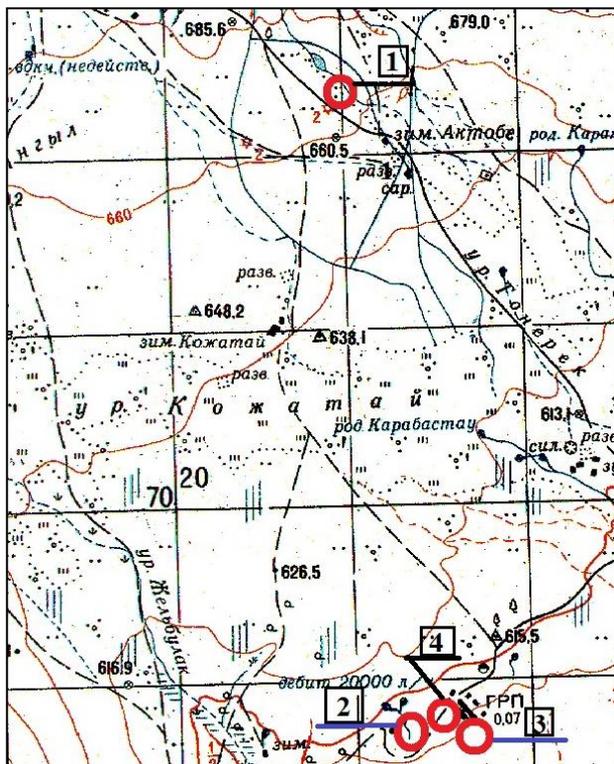
Мониторинговыми участками для радиометрического обследования были окрестности поселков Басши, Нурум, Актобе, бывший ГРП (Геологоразведочный поселок), кордон Косбастау, расположенные в Басшийском сельском округе в предгорьях Жетысуского (Джунгарского) Алатау, с выходом к пойменной части р. Иле. Высота над уровнем моря порядка – 900 м. В настоящее время здесь расположены территории ГНПП «Алтын-Эмель», где не ведется активная сельскохозяйственная деятельность (лишь ограничено скотоводство и заготовка кормов).

Общее радиометрическое обследование охватывало территории в условном коридоре направления север – юг по линии расположения населенных пунктов Басши, Нурум, Актобе, бывший ГРП с частной привязкой к водотокам и р. Актобе. Радио-дозиметрическое обследование осуществляли в соответствии с рекомендациями, изложенными в нормативных документах и руководствах по использованию радиометра РКС -01-СОЛЮ. Была проведена пешеходная поисковая и детальная радиометрия – определение МЭД (мощность эквивалентной дозы γ – мкЗв/ч), и измерение поверхностной альфа-активности (α -част./мин·см²).

Места сбора материала фауны (рыбы, амфибии) приведены на карте (рисунок 1). Объектами изучения были следующие индикаторные группы животных: амфибии – головастики жаб комплекса (*Bufo viridis*); рыбы – пятнистый губач (*Triplophysa strauchii*), псевдорасбора – она же амурский чебачок (*Pseudorasbora parva*), обитающих в трех точках окрестностей бывшего ГРП в границах законсервированного Сулучекинского месторождения урана и водотока р. Актобе ниже водохранилища, между пп. Нурым и Актобе.

Для выявления морфологических аномалий развития ротового аппарата амфибий использовано 2 выборки головастика жаб комплекса *Bufo viridis* из двух водоемов: «водоем 1» (108 головастика) и расположенный рядом временный водоем ниже бывшего ГРП – «водоем 2» (15 головастика). Головастики фиксировали в 10%-ном растворе формалина и в дальнейшем проводили анализ их внешней морфологии. Стадии развития головастика определяли согласно таблицам нормального развития жаб комплекса *Bufo viridis*. Под аномалиями развития понимали любые морфологические отклонения, отличающие данную особь от описанной в таблицах нормального развития на соответствующей стадии [19].

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА АЛТЫН-ЭМЕЛЬ**



1 – рыбы – водоток р. Актобе ниже водохранилища, между пп. Нурум и Актобе; 2 – рыбы – водоем родникового происхождения на территории кордона Косбастау; 3 – амфибии – водоток ниже бывшего ГРП («водоем 2»); 4 – амфибии – водоем у термальной самоизливающейся скважины сейсмостанции «Калкан» («водоем 1»)

Рисунок 1. Места сбора материала по ихтиофауне и амфибиям

Для выполнения лабораторных гематологических исследований был проведен отлов мониторинговых животных (ихтиофауна) и взяты биологические образцы (периферическая кровь). Выбор способа взятия крови зависел от размера животного и объема, требуемого для анализа. Забор крови и приготовле-

ние мазков осуществляли в соответствии с предлагаемыми рекомендациями [20].

Для изучения мутагенного воздействия генотоксикантов на живые организмы в качестве биомаркера использовали цитогенетические характеристики периферической крови исследуемых рыб (2 вида – пятнистый губач, амурский чебачок или псевдорасбора), обитающих в водоемах на территории ГНПП «Алтын-Эмель». В качестве экологически чистого региона выбраны водоемы в окрестностях г. Ушарал.

Анализ микроядер проводили в эритроцитах периферической крови общепринятым методом [21]. Учет частоты микроядер производили в 10–20 тыс. нормохромных эритроцитах (НХЭ) от каждой исследованной особи. При проведении цитогенетического анализа учитывали микроядра (МЯ) и цитологические нарушения (амитоз, хвост, вакуолизация, двуядерные клетки, инвагинация цитоплазмы и ядра, безъядерные эритроциты). Учет частоты микроядер производился на микроскопе Zeiss Axioscop 40 под масляной иммерсией и увеличении 10x100. Фотодокументирование проводили наиболее характерных нарушений эритроцитов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 приведены данные по сравнительному определению отдельных радиодозиметрических показателей для восьми участков в границах ГНПП «Алтын-Эмель». Критериями оценки радиоактивного загрязнения территорий обследования послужило определение МЭД, плотности потоков α -частиц с единицы площади поверхности.

Как следует из таблицы, в целом для обследованной территории отмеченные значения в основном не превышают принятых для данных характеристик нормативных показателей [22–24] поверхностного загрязнения по МЭД (0,2–0,6 мкЗв/ч), плотности потоков для α -частиц (4–50 част./мин·см²).

Таблица 1. Отдельные показатели МЭД и плотности потоков α -частиц на участках обследования территории ГНПП «Алтын-Эмель»

Участки		Характеристики			
		минимальные значения		максимальные значения	
№	название	МЭД	α	МЭД	α
		мкЗв/ч	част./мин·см ²	мкЗв/ч	част./мин·см ²
Уч-1	ГНПП «Алтын-Эмель», бывший ГТП	0,095	<0,2	0,156	1,23
Уч-2	ГНПП «Алтын-Эмель», Сейсмостанция «Калкан»	0,110	0,61	0,200	1,28
Уч-3	ГНПП «Алтын-Эмель», территория и водоем кордона Косбастау	0,122	0,61	0,190	2,42
Уч-4	ГНПП «Алтын-Эмель», скважина Сейсмостанции «Калкан» («водоем 1»)	0,462	0,61	4,158	1,21
Уч-5	ГНПП «Алтын-Эмель», водоток ниже бывшего ГРП («водоем 2»)	0,100	<0,2	0,143	1,21
Уч-6	ГНПП «Алтын-Эмель», Бархан, ГРП	0,098	0,61	0,112	1,21
Уч-7	ГНПП «Алтын-Эмель», водоем между п.п. Нурум и Актобе, р.Актобе	0,120	<0,2	0,180	1,28
Уч-8	ГНПП «Алтын-Эмель», п.Басши	0,094	<0,2	0,105	2,42

Имеющие место показатели МЭД, а также плотность потока радиоактивных частиц с поверхности находятся на приемлемом уровне в диапазоне значений: МЭД – 0,094–0,200 мкЗв/ч; α – <0,2–2,42 част./мин·см². С учетом ранее проведенной на территории бывшего рудника ликвидации и рекультивации независимо от ее направления, а также перепрофилирования зданий, сооружений и территории, установленные показатели соответствуют принятым санитарно-гигиеническим нормативам Республики Казахстан [22–24]. Имеется только одно место, находящееся в границах сейсмостанции «Калкан» (ГНПП «Алтын-Эмель»), где в контуре самоизливающейся скважины установлены значения МЭД в диапазоне (0,462–4,158 мкЗв/ч), что заметно превышает допустимые значения [22–24].

Изучение ихтиофауны было проведено для особей из двух мест ГНПП «Алтын-Эмель». Это водоток р. Актобе из водохранилища расположенного между поселками Нурум и Актобе и водоем (родникового происхождения) кордона Косбастау в границах бывшего ГРП. Рыбы данного мониторингового участка в целом принадлежат к Иле-Балкашскому бассейну. Эндемичными видами Балкашского бассейна являются одноцветный губач (*Triplophysa labiata*), голец Северцова (*Nemacheilus sewerzowii*) и балхашский окунь (*Perca shrenkii*). Немного шире распространены два вида маринки (*Schizothorax pseudaksaiensis*, *Schizothorax argentatus argentatus*), балхашский (*Lagowskiella poljakowii*) и семиреченский голянь (*Phoxinus brachyurus*) [25–29]. К общему видовому разнообразию рыб бассейна следует также отнести еще два вида. Так на основании морфологических исследований материалов по горчаку (род *Rhodeus*) и вьюну (род *Misgurnus*), собранных в бассейне р. Или в 2011 г., впервые показано, что в Балхаш-Илийском бассейне натурализовались глазчатый горчак *R. ocellatus* и вьюн Никольского *M. nikolskyi* [30].

Однако в ходе проведенных в 2019 г. исследований ни один из эндемичных видов обнаружен не был. Из потенциально возможных видов были обнаружены 4 аборигенных и 1 чужеродный вид рыб. Аборигенными видами являются пятнистый губач, серый голец, тибетский голец и голый осман, чужеродным видом – псевдорасбора. При морфо-биологическом изучении особей отдельных видов этой индикаторной группы было установлено, что показатели псевдорасборы находятся в известных для Балкашского бассейна пределах изменчивости. Максимальные размеры рыб в исследованной выборке 2019 г. оказались меньше известных для этого вида. Это может указывать на неблагоприятные для продолжительной жизни условия. На это же указывает значительная внутривыборочная изменчивость коэффициентов упитанности.

Выборка пятнистого губача представлена особями разного размера – как взрослые особи с развитыми гонадами, так и малек, что указывает на благопри-

ятные для данного вида условия воспроизводства. Половые железы в апреле 2019 г. находились на разных стадиях зрелости: обнаружены созревающие и готовые к вымету половые продукты, а также отнерестившиеся особи. Биологические и морфологические показатели находятся в пределах нормы реакции этого вида, но у одной особи передние усики были заметно короче. Данное отклонение может быть вызвано травмой или нарушениями онтогенетической траектории. Фенодевиат в исследованной выборке не выявлено.

В исследованном водоеме кордона Косбастау выборка псевдорасборы малочисленна и представлена в основном мелкими особями. Сопоставление данных по составу ихтиофауны и состоянию показателей отдельных видов позволяет предположить незначительную антропогенную трансформацию экосистемы данного водоема. Условия среды обитания в целом не препятствуют воспроизводству данного вида, однако продолжительность жизни и максимальные размеры рыб далеко не достигают видовых пределов, поскольку представители аборигенной ихтиофауны доминируют по численности, представлены разнообразными особями, которые морфологически не отклоняются от видовых норм.

Согласно зоологическим данным основную выборку ихтиофауны составили 2 вида рыб – пятнистый губач и амурский чебачок или псевдорасбора, в связи с этим цитогенетический анализ проведен у особей этих видов. Для более объективного анализа и отсутствия влияния видовых различий результаты микроядерного теста этих видов рыб, их двух водоемов были учтены отдельно.

Микроядра в микроскопе видны как округлые, овальные разных размеров густо окрашенные тельца с четким контуром (рисунок 2). Различные виды микроядер вероятно соответствуют типам возникших нарушений хромосом. По размерам микроядер можно судить об изменениях, произошедших в хромосомном наборе клеток. Так, появление клеток с крупными микроядрами в основном связано с нарушениями веретена деления, либо отставанием целых транслоцированных, либо дицентрических хромосом, а появление клеток с мелкими микроядрами вызвано преимущественно структурными абберациями хромосом (отставшие ацентрические фрагменты).

Дополнительную информацию о процессах, происходящих в ответ на воздействия стрессорных факторов среды, можно получить при анализе структуры эритроцитов, отличающихся от нормальной морфологии, характерной для данного вида. Так, амитоз указывает на развитие дегенеративных процессов в организме рыб, обусловленных различными причинами, в том числе и воздействием химических токсиантов. Деление ядра может происходить и без перетяжки цитоплазмы, в этом случае эритроциты становятся двуядерными [31]. При проведении цитогенетического анализа эритроцитов периферической кро-

ви рыб были зафиксированы следующие нарушения – эритроциты, с микроядрами; двуядерные эритроциты; амитоз; эритроциты с нарушениями цитоплазмы в виде «хвоста», вакуолизацией и инвагинацией цитоплазмы; эритроциты с отпочковывающимися микроядрами; инвагинация ядерной оболочки (рисунок 2). В связи с этим, сравнительный анализ произведен с ихтиофауной из водоемов в окрестностях ранее обследованного г. Ушарал.

Результаты микроядерного теста рыб представлены в таблице 2. У рыб из ГНПП Алтын-Эмель на территории ГРП наблюдается достоверно повышенный уровень частоты эритроцитов с микроядрами и других цитологических нарушений по сравнению с рыбами, выловленными в р. Актобе и окрестностях г. Ушарал. При этом наблюдается небольшое межвидовое различие по частоте цитогенетических нарушений у пятнистого губача и псевдорасборы. У них выявлен почти весь спектр описанных выше цитологических нарушений. Известно, что во многих случаях данные изменения сопутствуют компенсаторным процессам, протекающим в тканях, например при функциональных перегрузках, голодании, после отравления или денервации [32, 33]. Кроме того, имеются литературные данные, что ядерные и цитоплаз-

матические аномалии такого характера могут быть результатом антропогенного воздействия, индуцирующего гено- и цитотоксичность [34].

Таким образом, при сравнительном анализе результатов микроядерного теста показано, что в Национальном парке Алтын-Эмель вблизи законсервированного уранового месторождения на территории бывшего ГРП наблюдается повышенный уровень частоты микроядер в эритроцитах периферической крови у ихтиофауны по сравнению с результатами рыб из р. Актобе и г. Ушарал ($p \leq 0,01$).

Наряду с изучением цитогенетических нарушений у ихтиофауны проведено исследование морфометрических показателей строения ротового аппарата у головастиков жаб комплекса *Bufo viridis*, выловленных на территории ГРП. Анализ полевого материала показал отсутствие каких-либо отклонений в морфологии головастика, за исключением вариаций в строении ротового аппарата. Поэтому, дальнейшее исследование связано с изучением именно этого аспекта. Нормальный ротовой аппарат головастика жаб комплекса *B. viridis* согласно таблице нормального развития, разработанной для данного вида [19], представлен на рисунке 3.

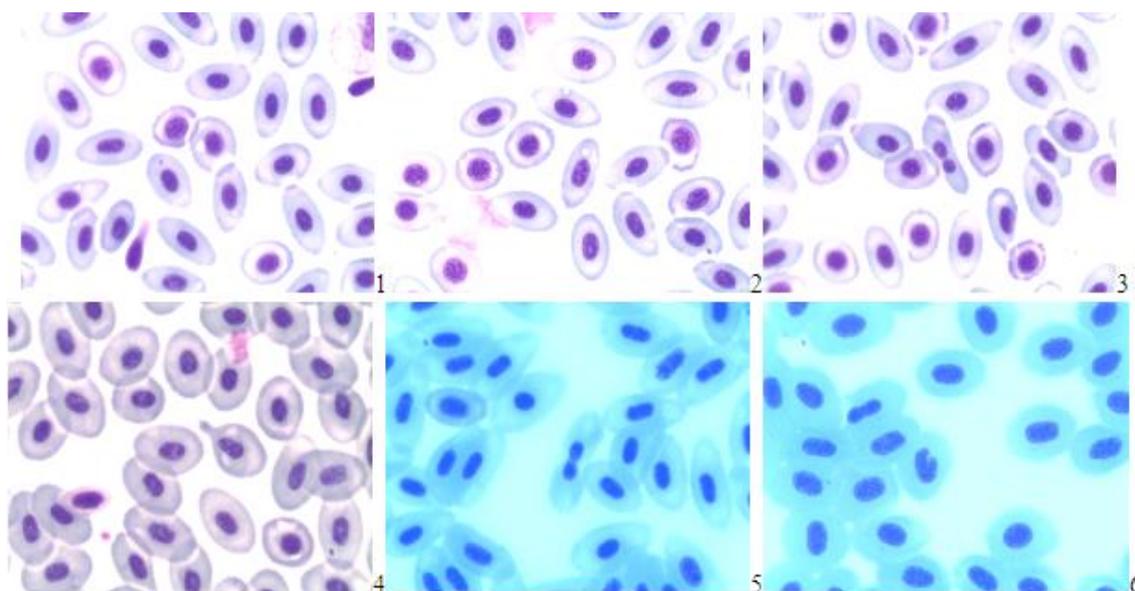


Рисунок 2. Препараты эритроцитов периферической крови рыб с различными типами нарушений: 1 – микроядро, 2 – вакуолиз, 3 – двуядерный эритроцит, 4 – хвост, 5 – амитоз, 6 – инвагинация ядерной оболочки, увел. 16x100

Таблица 2. Результаты цитогенетического анализа эритроцитов рыб, обитающих в исследованных водоемах и регионе сравнения

№ участка	Место	Вид	Изучено особей	Кол-во просм. кл	м/я, %	Амитоз, %	Двуядерные, %
Уч-3	кордон Косбастау	ПГ	10	200000	0,076±0,006	0,034±0,006	0,019±0,003
Уч-6	р. Актобе	ПГ	6	60000	0,042±0,008	0,008±0,003	0,003±0,002
Уч-3	кордон Косбастау	АЧ	8	160000	0,053±0,006	0,03±0,004	0,023±0,004
Уч-6	р. Актобе	АЧ	3	60000	0,027±0,006	0,006±0,003	0,002±0,002
Уч. Ср	окрестн. г. Ушарал	сем. карповые	16	160000	0,027±0,007	0,003±0,002	0,002±0,002

Примечание: ПГ – пятнистый губач (семейство Nemacheilidae), АЧ – амурский чебачок (семейство Cyprinidae), Уч. Ср – участок сравнения

Головастики, собранные в «водоеме 1» (ГРП, участок излива скважины сейсмостанции «Калкан»), относятся к стадиям 25–29. Из 108 особей 26 (24,1%) имели аномалии ротового аппарата (рисунок 3). Всего описано 48 аномальных признаков ротового аппарата (15 правосторонних, 18 левосторонних, и 15 центрально расположенных, симметрично расположенных либо затрагивающих весь зубной ряд). У десяти особей (38,5%) из 26 было зафиксировано более одной аномалии (у 6 особей (60%) – односторонние, у 4 особей (40%) – с разных сторон).

Головастики, собранные в «водоеме 2» (стоки поселка ГРП), относятся к стадиям 32–38 и продемонстрировали достаточно высокий процент отклонения от нормы в морфологии ротового аппарата. Из 19 особей 9 (47,0%) имели аномалии ротового аппарата (рисунок 4), которые выражались в разрывах и части-

чной редукции зубных рядов. Всего описаны 12 аномальных признаков ротового аппарата (6 правосторонних и 6 левосторонних): 8 разрывов, 2 случая частичной редукции зубных рядов, 2 случая частичной потери зубчиков. У двух особей (20%) из 10 было зафиксировано более одной аномалии (50% односторонние, 50% с разных сторон).

Анализируя строение ротового аппарата головастика на различных стадиях развития, нами было выявлено пять типов отклонений от нормального строения [19] (таблица 3): 1) разрывы зубных рядов; 2) потеря зубчиков; 3) полная или частичная редукция зубных рядов; 4) срастание зубных рядов; 5) искривление и деформация зубных рядов. Сравнительный анализ по аномальным признакам головастика из двух выборок, собранных в 2019 г., представлен в таблице 3.



Рисунок 3. Аномалии ротового аппарата головастика из водоема 1

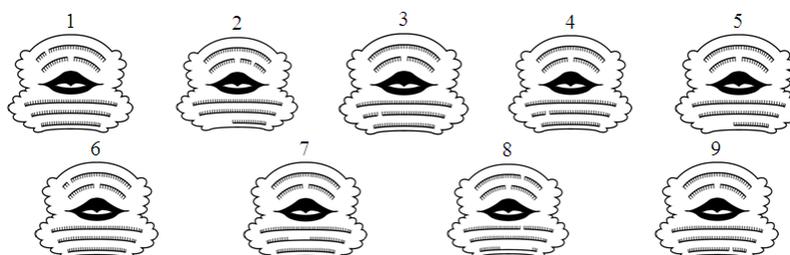


Рисунок 4. Аномалии ротового аппарата головастика из водоема 2

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА АЛТЫН-ЭМЕЛЬ**

Таблица 3. Соотношение различных типов отклонений в строении ротового аппарата головастика в исследованных выборках

№	Признак	Водоем 1	Водоем 2
1	Количество головастика с аномалиями ротового аппарата (от общего числа головастика)	24,1%	47,0%
2	Более 1 аномального признака у головастика (от числа головастика, имеющих аномалии)	38,5	20%
3	Расположение аномалий (от общего количества аномальных признаков):		
3а	– аномалии односторонние	60%	50%
3б	– аномалии двусторонние	40%	50%
4	Распределение аномалий по их локализации (от общего количества аномальных признаков):		
4а	– аномалии правосторонние	31,3	50%
4б	– аномалии левосторонние	37,4	50%
4в	– аномалии центрально расположенные, симметрично расположенные или затрагивают весь зубной ряд	31,3	–
5	Тип аномалии (от общего количества аномальных признаков):		
5а	– разрывы	35,4%	66,6%
5б	– потеря зубчиков	12,5%	16,7%
5в	– полная или частичная редукция зубных рядов	6,3%	16,7%
5г	– срастание двух или трех зубных рядов	33,3%	–
5д	– деформация зубных рядов	12,5	–

На территории ГРП в «водоеме 1» наиболее многочисленными были разрывы, менее многочисленна была потеря зубчиков и деформация, полная или частичная редукция зубных рядов встречалась единично. В ряде случаев ротовой аппарат имел не один тип отклонений, а комбинацию двух и более. При наличии нескольких нарушений зубной формулы у одного экземпляра в большинстве случаев (60%) они имели одностороннее расположение, причем соотношение левосторонних, правосторонних и симметрично расположенных аномалий было практически равным. В «водоеме 2» наиболее часто встречались однократные или многократные разрывы зубных рядов, реже – потеря зубчиков и редукция зубных рядов, срастание и деформация не отмечены. Процент встречаемости особей с аномалиями был значительно выше в выборке из «водоема 2».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шишков И.А., Чеснокова Т.Я., Бахур А.Е. «Комплекс аналитических методов при изучении радиоэкологической обстановки Республики Казахстан». «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы III Международной конференции». г. Томск, 23–27 июня 2009 г. – Томск, 2009. – С. 669–673.
2. Малышев В.И., Бахур А.Е., Соколова З.А. и др. Особенности изотопно-почвенных аномалий на урановых месторождениях в руслых структурах Центрального Казахстана / Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов // Информационный сборник КНТС № 127. – М.: ВИМС, 1991.
3. Мендыгалиев А.С., Шишков И.А., Флёрова Р.И. Радиоэкологическое состояние подземных вод территории Северо-Казахстанской урановорудной провинции. Материалы IV международной конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности. Алматы, 2006.

Для сравнения приводим данные по двум другим локальностям (неопубликованные данные). Головастики, собранные в 2014 г. на р. Чарын (Алматинская область, Уйгурский район), продемонстрировали невысокий процент отклонения от нормы в морфологии ротового аппарата. В выборке из 30 особей лишь 4 (13,3%) имели аномалии ротового аппарата. У одной особи был отмечен разрыв в ряду А-1 слева, у второй – разрыв в левой части А-2 и центральный разрыв в Р-1, еще у двух особей – частичная и полная редукция А-2. Головастики, собранные в 2013 году на водохранилище Акешке (Алматинская область, Ескельдинский район) продемонстрировали еще более низкий процент отклонения от нормы в морфологии ротового аппарата. Из 30 особей всего 2 (6,7%) имели аномалии ротового аппарата. У одной особи был отмечен разрыв в ряду А-1 слева, у второй – разрыв в левой части А-2 и центральный разрыв в Р-1.

Основываясь на выше приведенных данных, можно сделать вывод, что уровень аномалий в строении ротового аппарата в опытных водоемах 1 и 2 достаточно высокий.

Таким образом, при сравнительном анализе результатов микроядерного теста ихтиофауны и морфологического анализа ротовых аппаратов головастика жаб комплекса *Bufo viridis* показано, что в Национальном парке Алтын-Эмель вблизи законсервированного уранового месторождения на территории бывшего ГРП наблюдается повышенный уровень цитогенетических нарушений по сравнению с результатами рыб из р. Актобе и г. Ушарал ($p \leq 0,01$) и повышенный уровень аномалий ротового аппарата у головастика жаб комплекса *Bufo viridis*. Возможно, эти нарушения связаны с повышенным уровнем радиации в границах сейсмостанции «Калкан», (ГНПП «Алтын-Эмель»), где в контуре самоизливающейся скважины установлены значения МЭД в диапазоне (0,462– 4,158 мкЗв/ч), что заметно превышает допустимые значения [22–24].

Работа выполнена в рамках НТП: № BR05236379 «Комплексная оценка влияния неутраченных и запрещенных к использованию пестицидов на генетический статус и здоровье населения Алматинской области».

4. Программа изучения радиационной обстановки на территории Республики Казахстан на 2002–2006 г.г. Утверждена Постановлением Правительства Республики Казахстан. г. Алматы, г. Курчатова, 2002.
5. Шишков И.А. Мендыгалiev А.С., Ефремов Г.Ф. Радиологическое картирование природных вод методом корреляции урана-238 с комплексом естественных радионуклидов. Материалы III международной конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности. Алматы, 2005.
6. Skippud L., Stormman G., Gavert T., Burkitbayev M., Shishkov I.A., Tolongutov B.M., and Salbu B. «TENORM and metal contamination of selected uranium mining and tailing sites in Kazakhstan». International Conference on Radioecology. Environmental Radioactivity, 15–20 June 2008, Bergen, Norway. Ref. Type: In Press.
7. Шишков И.А., Бахур А.Е. Лабораторно-методическое обеспечение радиологических исследований в Республике Казахстан //Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук № 5 (401), 2013 г., С. 78–84.
8. Шишков И.А., Каюков П.Г. Радиологические проблемы Республики Казахстан, связанные с разведкой и разработкой месторождений урана //Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук № 5 (401), 2013 г., С. 69–78
9. Сущко С.М., Шишков И.А., Вершков А.Ф. Уранодобывающая отрасль Казахстана и перспективы ее развития //Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук № 5 (401), 2013 г., С. 61–69.
10. Черняков В.М. Современное состояние сырьевой базы природного урана в Казахстане и пути ее совершенствования // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека //Материалы IV Международной конференции, г. Томск, 4–8 июня 2013. С. 554–557.
11. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан // Выпуск № 08 (238) Август 2019 г. Департамент экологического мониторинга РГП «Казгидромет».
12. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2017 год, г. Астана, С. 462.
13. Берикболов Б.Р., Буркитбаев М., Шишков И.А. – Радиологическая обстановка в Казахстане //Вестник НЯЦ РК, 2003, выпуск 3, сентябрь, стр. 33–36.
14. Магда И.Н., Соловьев А.Ю., Дубинчин П.П., Ефремов Ю.Ф., Каюков П.Г. Радиологическое обследование неэксплуатируемых урановых рудников и рудопроявлений в Алматинской области, в юго-западной части Прибалхашья, в Жамбылской и Карагандинской областях // Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения», 6–8 сентября, г. Курчатова, 2005 г., Т. 2, с. 101–108.
15. Магда И.Н., Гаврилов А.Э., Мамилов Н.Ш., и др. Видовое разнообразие позвоночных животных обитающих в регионе Семипалатинского испытательного полигона // Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции «Семипалатинский испытательный полигон. Радиационное наследие и проблемы нераспространения», 6–8 сентября, г. Курчатова, 2005 г., Т. 2, с. 72–80.
16. Бушнева И.А., Магда И.Н. Цитогенетическое исследование представителей популяций некоторых видов грызунов – обитателей СИП. Труды Института зоологии, Т.50, Экология животных Казахстана, Алматы, 2009. – С. 251–255.
17. Магда И.Н., Гаврилов А.Э., Мамилов Н.Ш., и др. Проблемы сохранения видового разнообразия позвоночных и беспозвоночных животных в перспективе освоения зоны семипалатинского испытательного полигона // Материалы международной научной конференции «Зоологические исследования за 20 лет независимости Республики Казахстан» посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан. - Алматы, 2011 – С. 37–42.
18. Лопатин О.Е., Матмуратов С.А., Мамилов Н.Ш., Магда И.Н., и др. Хромосомный полиморфизм в природных популяциях хирономид зоны семипалатинского испытательного полигона // Вестник Каз НУ. Серия экологическая. - 2011. - № 5 (51). С 68–71.
19. Dujsebayaeva T., Arifulova I.I., Gnidenko L., C. Giacomina. The Study of the Development of Middle Asiatic Tetraploid Green Toad (Amphibia: Bufonidae) with Notes on Some Intraspecific Differences within Bufo viridis Complex // Rus. Journal Herp. – Vol. 11. - №3. – 2004. – P. 230–246.
20. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово- Черноморского бассейна/ Методическое руководство. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. – 105 с.
21. Jaylet A., Deparis P., Ferrier V., Grinfeld S. A new micronucleus test using peripheral blood erythrocytes of the newt Pleurodeles waltl to detect mutagens in fresh-water pollution // Mutat. Res. Environ. Mutagenes. – 1986. -Vol. 164, № 4. - P. 245–257.
22. Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности" Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 26 июня 2019 года № ҚР ДСМ-97. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 28 июня 2019 года № 18920.
23. Об утверждении гигиенических нормативов «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» (Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 февраля 2015 года № 155 Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 10 апреля 2015 года № 10671).
24. Об утверждении Санитарных правил «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам» Приказ и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 марта 2015 года № 260. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 5 июня 2015 года № 11204. В редакции приказа Министра здравоохранения РК от 12.12.2019 № ҚР ДСМ-148.
25. Савваитова К.А., Чеботарева Ю.В., Пичугин М.Ю., Максимов С.В. Аномалии в строении рыб как показатель состояния природной среды // Вопросы ихтиологии. – 1995. – Т. 35. – № 2. – С. 182–188.
26. Чеботарева Ю.В., Савоскул С.П., Пичугин М.Ю., Савваитова К.А., Максимов С.В. Характеристика аномалий в строении внешних и внутренних органов у рыб // Разнообразие рыб Таймыра. – М., 1999. – С. 142–146.

27. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.-А., Сталдвик Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфологического анализа рыб // *Успехи современной биологии*. – 1999. – Т. 119. – № 2. – С.165–177.
28. Дукравец Г.М., Митрофанов В.П. Видовой состав ихтиофауны Казахстана (с круглоротыми) и ее распределение по водоемам по состоянию на 1986–1990 г.г. // *Рыбы Казахстана – Алма-Ата: Гылым*. 1992. – Т.5. – С. 414–418.
29. Дукравец Г.М., Мамилев Н.Ш., Баимбетов А.А., Мельников В.А. Аннотированный список рыб Алматинской области Казахстана // *Вестник КазНУ, сер. биол.*, № 3 (33). Алматы, 2007. С. 56–71.
30. Vasil'eva E. D., Mamilov N. Sh., Magda I. N. New Species of Cypriniform Fishes (Cypriniformes) in the Fauna of the Balkhash-Pi Basin, Kazakhstan // *Journal of Ichthyology* – 2015. – Vol. 55, No. 4. – P. 447–453.
31. Яржомбек А.А., Лиманский В.В., Щербина Т.В. Справочник по физиологии рыб. - М.: Агропромиздат, 1986. – 192 с.
32. Кузина Т.В. Образование микроядер в эритроцитах промысловых рыб Волго-Каспийского канала // *Естественные науки*. – 2013. – № 4. – С. 124–129.
33. Ильинских Н.Н., Новицкий, В.В., Ванчугова Н.Н., Ильинских И.Н. Микроядерный анализ и генетическая нестабильность. – Томск: Изд-во Томск. Ун-та, 1992. – 272 с.
34. Anbumani S., Mary N. Mohankumar Gamma radiation induced micronuclei and erythrocyte cellular abnormalities in the fish *Catla catla* // *Toxicology in vitro*. – October 2015. – Vol. 29, Issue 7. – P. 1897–1905.

АЛТЫН ЕМЕЛ ҰЛТТЫҚ САЯЖАЙЫНЫҢ ЖЕКЕ АЙМАҚТАРЫНЫҢ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

- ¹⁾ О.Г. Чередниченко, ²⁾ И.Н. Магда, ²⁾ А.Ю. Соловьев, ³⁾ Н.Ш. Мамилев, ⁴⁾ И.А. Арифүлова,
⁵⁾ М.А. Чирикова, ¹⁾ А.Л. Пилюгина, ¹⁾ Г.М. Байгушикова, ²⁾ И.А. Соловьев
- ¹⁾ ҚР БҒМ ҒК Жалпы генетика және цитология институты, Алматы, Қазақстан
²⁾ ЖШС «Актино-СКБ», Алматы, Қазақстан
³⁾ Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті ҚР, Алматы, Қазақстан
⁴⁾ ЖШС «Сейсмологиялық тәжірибелік-әдістемелік экспедиция», Алматы, Қазақстан
⁵⁾ ҚР БҒМ ҒК Зоология институты, Алматы, Қазақстан

ЖҰС (жерасты ұңғыларын сілтілендіру) тәжірибелі-эксперименттік технологияларын қолдану арқылы уранды өндіру іске асырылған жерлерде, яғни Алтын Емел Ұлттық саяжай аумағында және консервіленген Сұлушеке уран кен орны аумағында (Алматы облысы, Кербұлақ ауданы) мекендейтін индикаторлы топтағы жануарлардың салыстырмалы цитогенетикалық және морфо-биологиялық зерттеулер нәтижелері ұсынылған. Жалпы кен өндіру аумағы және оған тиесілі зерттелген жер төселері үшін үшін ДБК (дозаның баламалы күші $\gamma - \text{мкЗв/сағ}$) және жер үсті альфа-белсенділігі ($\alpha - \text{част./мин}\cdot\text{см}^2$) радиоактивті ластану анықталған жоқ. Алайда, «Қалқан» сейсмикалық станциясының өздігінен ағып жатқан ұңғымасының тізбегінде ДМК мәні стандарттардан жоғарылау диапозонда (0,462–4,158 мкЗв/сағ) анықталды. Кен орнының шекарасында мекендейтін индикаторлы топтағы жануарлар (балықтар мен қосмекенділер) үшін цитогенетикалық бұзылулардың жоғары болуы (балықтардағы микроядролық сынақ) және *Bufo viridis* кешенінің бақалар шабағының ауыз аппаратының аномалиялары байқалады.

RADIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SEPARATE TERRITORIES OF THE ALTIN-EMEL NATIONAL PARK

- ¹⁾ O.G. Cherednichenko, ²⁾ I.N. Magda, ²⁾ A.Yu. Soloviev, ³⁾ N.Sh. Mamilov, ⁴⁾ I.A. Arifulova,
⁵⁾ M.A. Chirikova, ¹⁾ A.L. Pilyugina, ¹⁾ G.M. Baygushikova, ²⁾ I.A. Soloviev
- ¹⁾ Institute of General Genetics and Cytology KN MES RK, Almaty, Kazakhstan
²⁾ «Aktino-SKB» LLP, Almaty, Kazakhstan
³⁾ al-Farabi KazNU MES RK, Almaty, Kazakhstan
⁴⁾ “Seismological Experimental Methodical Expedition” LLP, Almaty, Kazakhstan
⁵⁾ Institute of Zoology KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

The results of a comparative cytogenetic and morpo-biological study of indicator groups of animals living in the territory of the Altyn-Emel National Park and in the area of the preserved Suluchekinsky uranium deposit (Almaty region, Kerbulak district), where the experimental extraction of uranium by the UBL technology (Underground borehole leaching technology). In accordance with the indicators of EDR (equivalent dose rate $\gamma - \mu\text{Sv/h}$) and surface alpha activity ($\alpha - \text{part./min}\cdot\text{cm}^2$) for the entire territory of the deposit and adjacent surveyed areas, no area radioactive contamination has been established. However, in the circuit of the Kalkan seismic well borehole, the DER values are determined in the range (0.462–4.158 $\mu\text{Sv/h}$), which exceed the standards. For indicator animals (fish and amphibians) living within the boundaries of the deposit, an increased level of cytogenetic disturbances (micronuclear test in fish) and anomalies of the oral apparatus in tadpoles of toads of the *Bufo viridis* complex are observed.