ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИГА ОБЫКНОВЕННОГО (*Coregonus lavaretus* L.) В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ оз. КОВДОР)

Королева И.М., Терентьев П.М.

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Анапты, koroleva@inep.ksc.ru

Определение гематологических показателей является частью ихтиологической экспертизы, позволяющей оценить физиологическое состояние рыб и проследить наличие и течение патологического процесса. Гематологические показатели изменяются в зависимости от температуры, гидрохимического режима (в том числе от загрязненности воды), состава кормов, сезона года, возраста и могут выступать в качестве специфических маркеров для оценки физиологического состояния организма рыбы.

Материалы и методы

Полевые работы проводились летом и осенью 2001-2008 гг. в оз. Ковдор, расположенном на западе Мурманской области (рис. 1).

На биологический анализ взято 78 сигов *Coregonus lavaretus* L., гематологические параметры определены у 30 экземпляров. Отбор крови осуществлялся у свежепойманных (не более 1-1.5 часов после изъятия из воды) рыб из хвостовой вены после отсечения хвоста. Концентрация гемоглобина измерялась в полевых условиях с использованием гемометра Сали. Подсчет эритроцитов велся в камере Горяева. Цитоморфологический анализ выполнялись по мазкам, окрашенным по Романовскому. Оценка состояния периферической крови рыб проводилась по процентному соотношению клеток эритроидного ряда, наличию патологических форм эритроцитов согласно принятым в отечественной гематологии методам [3, 4, 5].

Результаты и их обсуждение

Озеро Ковдор принадлежит к озерно-речной системе Пиренгских озер, располагающихся на северо-западе водосборного бассейна оз. Имандра, представляет собой озеровидное расширение р. Ковдора (рис. 1). Относится к группе небольших озер (площадь 0.54 км²), максимальная глубина 18 м, длина – 1.92 км, ширина от 0.48 км. Территория водосбора относится к лесотундровой зоне с высотами до 453.5 м. Озеро является приемником сточных вод промышленного происхождения («Ковдорский ГОК», занимающийся разработкой месторождения комплексных бадделеит-апатит-магнетитовых руд) и хозяйственно-бытовых стоков одноименного города. Известно об аварийном поступлении нефтепродуктов с территории расположенного на его берегу железнодорожного транспортного узла. Вода озера относится к щелочным водам, несмотря на высокие уровни содержания сульфатов (табл. 1). Минерализация воды в оз. Ковдор, как в одном из самых загрязняемых водных объектов, доходит до 619 мг/л, а среднее значение – 233 мг/л. Отмечено высокое со-

Рис. 1. Карта-схема района исследования.

держание биогенов: $P_{\text{общ}}$, мкгР/л – 213 (155-260) и $N_{\text{общ}}$, мкгN/л – 2654 (809-8820). Приоритетными загрязняющими веществами для оз. Ковдор являются соединения тяжелых металлов, Sr, Al, компоненты сточных вод горнорудного производства. Специфическими загрязнителями являются марганец, фосфаты, сульфаты, гидрокарбонаты, взвешенные вещества [1].

Таблица 1. Гидрохимические параметры оз. Ковдор.

pH	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na, мг/л	K, мг/л	SO ₄ , мг/л	Cl, мг/л	Fe, мкг/л	Al, мкг/л	Sr, мкг/л
<u>8.44</u> 7.16-9.87	<u>22.0</u> 6.02-47.0	<u>10.9</u> 2.71-34.7.9	<u>23.4</u> 10.1-72.5	<u>9.79</u> 4.9-32.1	<u>82</u> 37-270	<u>6.6</u> 2.9-15	<u>103</u> 25-334	<u>92</u> 11-587	<u>1110</u> 208-3700

Сиги были представлены преимущественно малотычинковой формой с числом жаберных тычинок от 16 до 30. Возрастная структура включала 6 групп: от двухлетних до семилетних рыб. Масса сигов в уловах имела широкий предел колебаний от 17 г до 670 г. Высокая доля особей с отложением внутривисцерального жира и анализ наполненности желудков свидетельствуют об удовлетворительных условиях нагула рыб. Половое созревание у самцов наступало в трехлетнем возрасте, у самок в четырехлетнем. Более половины особей в октябре имели гонады на IV стадии развития. Наличие готовых к нересту самцов и самок свидетельствует о возможности использования данного водоема не только для откорма, но и для размножения [2].

Средняя навеска сигов, взятых на гематологический анализ, равнялась 266 г, средний линейный размер (L_s) – 27.9 см. Соотношение полов было 1:1.4 с преобладанием самок.

Содержание гемоглобина у сигов из озера было наиболее высоким по сравнению с популяциями из других исследованных нами субарктических водоемов. Средняя величина уровня гемоглобина составила 120 г/л. Вместе с тем, количество эритроцитов – 0.95 млн./мм³ и уровень эритропоэза (2.3% незрелых эритроцитов) близки к показателям, рекомендованным как региональная физиологическая норма [6].

Анализ возрастных изменений гематологических показателей был начат с трехлетнего возраста. Наиболее высокий уровень гемоглобина имели сиги в возрасте 2+ – 3+. При наступлении половой зрелости, в нашем случае при достижении пятилетнего возраста, происходит наибольшее падение содержания гемоглобина – с 120 до 105 г/л.

Анализ половых различий в целом подтвердил закономерности, установленные для рыб из других водоемов. У пропускающих нерест самок содержание гемоглобина выше, чем у нерестящихся. Максимальное значение содержания гемоглобина имела четырехлетняя самка массой 230 г – 160 г/л. У нерестовых самок на IV стадии зрелости гонад количество гемоглобина и эритроцитов было самым низким и составляло от 100 до 110 г/л и от 0.82 до 1.1 млн./мм³ соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Половые различия характеристик красной крови сига оз. Ковдор (2001-2004 гг.).

Показатели	Пол, стадия зрелости		
	♂ IV	♀ II	♀ IV
Гемоглобин (г/л)	<u>110</u> 82-140	<u>120</u> 90-160	<u>110</u> 100-110
Эритроциты (млн./мм ³)	<u>0.92</u> 0.73-1.4	<u>0.90</u> 0.76-1.7	<u>0.82</u> 0.82-1.1
Количество рыб, экз.	12	15	3

Многофакторное загрязнение оз. Ковдор вызвало изменения как количественных гематологических показателей – уровня гемоглобина, содержания форменных элементов крови, процентного соотношения различных групп клеток красной крови, так и качественных – морфологических характеристик и патологических изменений эритроцитов. Превышение уровня содержания гемоглобина у сигов из оз. Ковдор относительно других водоемов позволяет говорить о такой патологии

Микроциты, ув. $\times 1000$

Незрелые эритроциты и анизоциты, ув. $\times 1000$

Пойкилоцитоз эритроцитов, ув. $\times 1000$

Пикноз ядер эритроцитов, ув. $\times 1000$

Рис. 2. Примеры незрелых и патологических форм эритроцитов.

как «сгущение» крови. Аналогичная картина наблюдалась у сигов из района влияния подогретых вод Кольской АЭС [7].

В условиях загрязнения наблюдалось изменение формы эритроцитов, образование *пойкилоцитов* – клеток разнообразных, причудливых форм (рис. 2). Подобное дегенеративное явление наступает под влиянием на систему кроветворения разнообразных вредных факторов биологической и химической природы. В оз. Ковдор такими факторами могли выступить стоки Ковдорского горно-обогатительного комбината и продукты разложения горюче-смазочных материалов. Клетки измененной формы встречались на мазке крови с частотой до 2.7 %. *Анизоцитоз* или разноразмерность считается дегенеративным явлением и говорит о функциональной недостаточности кроветворных органов. Образование микроцитов и шистоцитов вызывается кислородной недостаточностью, усилением обменных процессов или влиянием токсикантов. У рыб из оз. Ковдор анизоциты встречались с частотой 1-3 %. Из ядерных патологий наблюдался пикноз, который вместе с тем не носил массового характера.

Исследование гематологических показателей адаптации рыб в современных условиях антропогенного воздействия на водоемы позволяет глубже понять уровень и характер воздействия окружающей среды на организм и косвенно определить экологическое состояние водоема. Происходя-

щие в крови рыб изменения могут служить одним из индикаторов степени токсичности или нетоксичности водной среды. Это дает основание считать ихтиогематологический метод достаточно чувствительным и рекомендовать его для использования как один из элементов в системе комплексного биологического мониторинга водных экосистем.

Выводы

1. Уровень содержания гемоглобина у сига из озера Ковдор в среднем равен 115 г/л, количество эритроцитов – 0.92 млн/мм³. Данные показатели несколько выше показателей, установленных как региональная норма для субарктических пресных водоемов.
2. В условиях антропогенной нагрузки у рыб количество незрелых эритроцитов не превышало 3%, что свидетельствует о невысоком уровне интенсивности эритропоэза.
3. Наблюдавшиеся цитопатологии (анизо- и пойкилоцитоз, пикноз ядер) затрагивали небольшое количество эритроцитов и не выходили за границы физиологической нормы, что свидетельствует об удовлетворительных условиях существования рыб в оз. Ковдор.
4. Происходящие в крови рыб изменения могут служить надежным индикатором степени токсичности воды и рекомендуются в качестве биомаркера на клеточном уровне в системе комплексного биологического мониторинга водных экосистем.

Литература

1. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области: центральный и юго-западный районы Мурманской области (бассейны Баренцева и Белого морей и Ботнического залива Балтийского моря) / Под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2013. Ч. 1. 298 с.
2. Антропогенные изменения лотических экосистем Мурманской области. Ч. 1: Ковдорский район / Под ред. Н.А. Кашулина. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2005. 234 с.
3. Голодец Г.Г. Лабораторный практикум по физиологии рыб. М.: Пищепромиздат, 1955. 90 с.
4. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 184 с.
5. Инструкция по физиолого-биохимическим анализам рыбы. М.: Изд-во ВНИИРХ, 1986. 53 с.
6. Королева И.М. Гематологические показатели сига обыкновенного *Coregonus lavaretus* в водоёмах Кольского севера // Тр. ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 37-46.
7. Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 1997. 261 с.