



## МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 577.15:[597-113.32:597.443]

### ВЛИЯНИЕ НЕФТИ НА АКТИВНОСТЬ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ КАРПОВЫХ РЫБ В ПОДОСТРОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

© 2009. **Кравецкий П.А., Волкова И.В., Шипулин С.В.**  
Астраханский государственный технический университет

В статье рассмотрено воздействие сырой нефти на ферментативную систему карповых рыб *in vivo*. Исследовались различные по локализации ферменты карповых рыб, различающихся по характеру питания.

Influence of crude oil to enzymatic systems of cyprinids *in vivo* was viewed in the article. Different localized enzymes of cyprinids with various nutrition types were investigated.

**Ключевые слова:** фермент,  $\alpha$ -амилаза, казеинлитические протеиназы, мальтаза, белый амур, карп, серебристый карась, нефть, *in vivo*.

**Keywords:** ferment, d-amylase, caseinlitic proteinase, maltaz, white cupid, carp, silvery crucian, oil, *in vivo*.

По последним данным, суммарные ресурсы сырой нефти всей акватории Каспийского моря составляют до 20 млрд. тонн по оценкам аналитиков Минэнерго и Минприродресурсов РФ [1], при этом в настоящее время через Астраханский воднотранспортный узел в год проходит около 550 тыс. тонн нефтеналивных грузов [2], на 2010 г. запланировано начало эксплуатации крупного месторождения им. Ю. Корчагина на Северном Каспии с организацией танкерных перевозок [3], так что количество нефтеналивных грузов, проходящих через дельту Волги, в перспективе будет только возрастать.

Лидирующее по численности место в ихтиофауне Нижней Волги занимают карповые рыбы, поэтому проблема изучения воздействия сырой нефти на их физиологию является весьма актуальной. Ферментативная активность является важным показателем физиологического состояния рыб, изучение ее изменений при токсическом воздействии нефти позволит отслеживать не только характер модификаций пищеварительной системы, но и судить об общей токсикорезистентности рыб к данному поллютанту. Необходимость изучения перестроек ферментативной активности рыб при воздействии токсикантов отмечалась в ряде исследований [4-6].

Для проведения эксперимента были взяты по 100 экземпляров годовиков белого толстолобика (*Hypophthalmichys molitrix* Val.), белого амура (*Ctenopharyngodon idella* Val.), карпа (*Cyprinus carpio* L.), и серебристого карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch). Рыбы каждого вида были распределены в 3 группы: контрольную, группу, содержащуюся в аквариумах с концентрацией нефти 10 мг/л, и группу, содержащуюся в аквариумах с концентрацией нефти 100



мг/л. Кормление рыб не осуществлялось. В качестве модельного токсиканта использовалась сырая нефть с Хвалынского месторождения Каспийского моря. Определялось воздействие эмульгированной в воде сырой нефти на карповых рыбах, различающихся по характеру питания (фитофаг – белый амур, фитопланктофаг – белый толстолобик, всеядные карп и серебристый карась). При этом исследовались различные по локализации ферменты, как адсорбированные на слизистой оболочке кишечника (казеинлитические протеиназы и  $\alpha$ -амилаза), так и собственно кишечные (мальтаза), осуществляющие гидролиз белковых и углеводных компонентов пищи. Определение активности  $\alpha$ -амилазы производилось методом Смита и Роя в модификации Уголева [7], активность казеинлитических протеиназ (рН = 7,4) определялась модифицированным методом Лоури [8], активность мальтазы определялась модифицированным глюкозооксидазным методом [9]. Лабораторные исследования проводились в лаборатории кафедры Гидробиологии и общей экологии Астраханского государственного технического университета.

В результате экспериментов было выяснено, что у белого толстолобика активность  $\alpha$ -амилазы в контрольной группе составила  $20,86 \pm 0,25$ ,  $23,21 \pm 0,67$ ,  $25,32 \pm 0,54$  мг/(г\*мин) в первый день эксперимента, 7 и 14 дней соответственно. Отмечено постепенное увеличение активности от первоначального значения в 1,1 раза через 7 дней и в 1,2 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней отмечалось падение активности в 2,8 раза от соответствующего контрольного значения ( $8,41 \pm 0,34$  мг/(г\*мин)). Через 14 дней наблюдалось возрастание активности до  $14,97 \pm 0,25$  мг/(г\*мин). Однако, вышеуказанный показатель был меньше соответствующего контрольного значения в 1,7 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней отмечено снижение активности в 2,8 раза по сравнению с контрольным значением ( $8,33 \pm 0,76$  мг/(г\*мин)), через 14 дней зафиксировано падение активности в 4 раза по сравнению с контрольным ( $6,31 \pm 0,25$  мг/(г\*мин)).

У белого амура активность  $\alpha$ -амилазы в контрольной группе составила  $21,79 \pm 0,5$ ,  $25,61 \pm 0,39$ ,  $26,49 \pm 0,27$  мг/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно. Отмечалось увеличение активности от первоначального значения в 1,1 раза через 7 дней и в 1,2 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней наблюдалось снижение активности в 2,1 раза по сравнению с контрольным значением ( $12,11 \pm 0,59$  мг/(г\*мин)). Через 14 дней регистрировалось возрастание активности до  $17,23 \pm 0,43$  мг/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 1,5 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней происходило снижение активности в 2,5 раза от соответствующего контрольного значения ( $10,21 \pm 0,41$  мг/(г\*мин)), через 14 дней – в 2,7 раза по сравнению с контрольным ( $9,92 \pm 0,52$  мг/(г\*мин)).

Было выявлено, что у карпа активность  $\alpha$ -амилазы в контрольной группе составила  $21,45 \pm 0,42$ ,  $28,35 \pm 0,34$ ,  $31,34 \pm 0,56$  мг/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. наблюдалось постепенное увеличение активности от первоначального значения в 1,3 раза через 7 дней и в 1,5 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней отмечалось падение активности в 2,3 раза по сравнению с контрольным значением ( $12,39 \pm 0,62$  мг/(г\*мин)). Через 14 дней зафиксировано возрастание активности до  $19,51 \pm 0,5$  мг/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 1,6 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней определялось снижение активности в 2,7 раза от соответствующего контрольного значения ( $10,35 \pm 0,34$  мг/(г\*мин)), через 14 дней отмечено падение активности в 4,45 раза по сравнению с контрольным ( $6,98 \pm 0,28$  мг/(г\*мин)).

У серебристого карася активность  $\alpha$ -амилазы в контрольной группе составила  $22,25 \pm 0,39$ ,  $31,46 \pm 0,59$ ,  $33,22 \pm 0,59$  мг/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. отмечалось увеличение активности от первоначального значения в 1,4 раза через 7 дней и в 1,5 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней определено падение активности в 2,5 раза от соответствующего контрольного значения ( $12,62 \pm 0,59$  мг/(г\*мин)). Через 14 дней было выявлено возрастание активности до  $18,42 \pm 0,17$  мг/(г\*мин), что меньше соот-



ветствующего контрольного значения в 1,8 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней установлено снижение активности в 2,8 раза от соответствующего контрольного значения (11,22±0,46 мг/(г\*мин)), через 14 дней определено падение активности в 4,6 раза по сравнению с контрольным (7,23±0,67 мг/(г\*мин)).

Таким образом, следует отметить, что у исследуемых видов рыб показатели активности  $\alpha$ -амилазы возрастали в 1,1-1,4 раза через 7 дней, а через 14 дней в 1,2-1,5 раза, причем наименьшее повышение активности выявлено у белого толстолобика, а наибольшее у золотого карася. В ходе эксперимента через 7 дней регистрировалось примерно одинаковое падение активности у всех исследуемых видов рыб при концентрации нефти 10 мг/л (в 2,1-2,5 раза от соответствующих контрольных), и концентрации нефти 100 мг/л (в 2,5-2,8 раза). Через 14 дней при концентрации 10 мг/л происходило постепенное увеличение активности (она меньше в 1,5-1,8 раза соответствующей контрольной). При концентрации 100 мг/л отмечалась обратная тенденция – происходило дальнейшее угнетение активности в 2,7-4,6 раза (табл. 1).

Таблица 1

Активность  $\alpha$ -амилазы у растительноядных рыб при интоксикации сырой нефтью (мг/(г\*мин))

Вид	День эксперимента	Контроль	10 мг/л	100 мг/л
Белый толстолобик	1 день	20,86±0,25	20,86±0,25	20,86±0,25
	7 дней	23,21±0,67	8,41±0,34	8,33±0,76
	14 дней	25,32±0,54	14,97±0,25	6,31±0,25
Белый амур	1 день	21,79±0,5	21,79±0,5	21,79±0,5
	7 дней	25,61±0,39	12,11±0,59	10,21±0,41
	14 дней	26,49±0,27	17,23±0,43	9,92±0,52
Карп	1 день	21,45±0,42	21,45±0,42	21,45±0,42
	7 дней	28,35±0,34	12,39±0,62	10,35±0,34
	14 дней	31,34±0,56	19,51±0,5	6,98±0,28
Серебристый карась	1 день	22,25±0,39	22,25±0,39	22,25±0,39
	7 дней	31,46±0,59	12,62±0,59	11,22±0,46
	14 дней	33,22±0,59	18,42±0,17	7,23±0,67

Наибольшая устойчивость исследуемого параметра фермента при обеих концентрациях токсиканта отмечалась у белого амура и белого толстолобика, данные виды также демонстрировали наибольшую скорость восстановления активности  $\alpha$ -амилазы. Наименьшей устойчивостью исследуемого параметра фермента обладали карп и золотой карась. Скорость восстановления активности при концентрации 10 мг/л у этих рыб была замедлена.

Было выяснено, что у белого толстолобика активность казеинлитических протеиназ в контрольной группе составила 2,62±0,15, 2,83±0,17, 3,73±0,54 мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. отмечалось постепенное увеличение активности от первоначального значения в 1,1 раза через 7 дней и в 1,4 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л через 7 дней, наблюдалось падение активности в 2,1 раза от соответствующего контрольного значения (2,56±0,21 мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней было установлено возрастание активности до 2,64±0,25 мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 1,4 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней определено снижение активности в 2,4 раза по сравнению с контрольным значением (1,18±0,11 мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней было отмечено падение активности в 3 раза по сравнению с контрольным (1,23±0,09 мкмоль/(г\*мин)).

У белого амура активность казеинлитических протеиназ в контрольной группе составила 1,54±0,13, 3,21±0,29, 3,67±0,27 мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, отмечалось увеличение активности от первоначального значения в 2,1 раза через 7 дней и в 2,4 раза через 14 дней. У группы, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней зафикси-



ровано падение активности в 1,1 раза от соответствующего контрольного значения (3,08+0,11 мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней выявлено возрастание активности до 3,59+0,23 мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 1,1 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней наблюдалось снижение активности в 1,5 раза от соответствующего контрольного значения (2,1+0,15 мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней определено падение активности в 1,1 раза по сравнению с контрольным (3,32+0,27 мкмоль/(г\*мин)).

Было установлено, что у карпа активность казеинлитических протеиназ в контрольной группе составила 4,36+0,21, 5,21+0,37, 6,17+0,56 мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. отмечалось постепенное увеличение активности в 1,2 раза через 7 дней и в 1,4 раза через 14 дней (от первоначального значения). В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней было зарегистрировано падение активности в 1,4 раза от соответствующего контрольного значения (3,81+0,27 мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней фиксировалось возрастание активности до 4,82+0,32 мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 1,3 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней отмечено снижение активности в 2,8 раза от соответствующего контрольного значения (1,85+0,16 мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней выявлено падение активности в 1,7 раза по сравнению с контрольным (3,62+0,28 мкмоль/(г\*мин)).

У серебристого карася активность казеинлитических протеиназ в контрольной группе составила 4,67+0,31, 5,74+0,52, 6,67+0,31 мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. наблюдалось увеличение активности в 1,2 раза через 7 дней и в 1,4 раза через 14 дней (от первоначального значения). В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней определено падение активности в 2 раза от соответствующего контрольного значения (2,82+0,21 мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней зафиксировано возрастание активности до 4,36+0,26 мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 1,5 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней отмечалось снижение активности в 3,3 раза от соответствующего контрольного значения (1,74+0,05 мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней определялось падение активности в 2,1 раза по сравнению с контрольным (3,18+0,21 мкмоль/(г\*мин)).

Таким образом, следует отметить, что у исследуемых видов показатели активности казеинлитических протеиназ повышались в 1,1-2,1 раза через 7 дней, а через 14 дней в 1,4-2,4 раза, причем наименьшее повышение активности отмечалось у белого толстолобика, а наибольшее у белого амура. В ходе эксперимента при концентрации нефти 10 мг/л через 7 дней регистрировалось падение активности в 1,1-2,1 раза от соответствующих контрольных, при концентрации нефти 100 мг/л определялось падение активности в 1,5-3,3 раза. Через 14 дней отмечается обратное – при концентрации 10 мг/л происходило постепенное увеличение активности (она меньше в 1,1-1,5 раза соответствующей контрольной), а при концентрации 100 мг/л за исключением белого толстолобика активность протеиназ также возрастала (табл. 2).

Таблица 2

**Активность казеинлитических протеиназ у растительноядных рыб при интоксикации сырой нефтью (мкмоль/(г\*мин))**

Вид	День эксперимента	Контроль	10 мг/л	100 мг/л
Белый толстолобик	1 день	2,62+0,15	2,62+0,15	2,62+0,15
	7 дней	2,83+0,17	2,56+0,21	1,18+0,11
	14 дней	3,73+0,54	2,64+0,25	1,23+0,09
Белый амур	1 день	1,54+0,13	1,54+0,13	1,54+0,13
	7 дней	3,21+0,29	3,08+0,11	2,1+0,15
	14 дней	3,67+0,27	3,59+0,23	3,32+0,27
Карп	1 день	4,36+0,21	4,36+0,21	4,36+0,21
	7 дней	5,21+0,37	3,81+0,27	1,85+0,16



	14 дней	6,17+0,56	4,82+0,32	3,62+0,28
Серебристый карась	1 день	4,67+0,31	4,67+0,31	4,67+0,31
	7 дней	5,74+0,52	2,82+0,21	1,74+0,05
	14 дней	6,67+0,31	4,36+0,26	3,18+0,21

Наибольшая устойчивость исследуемого параметра ферментов при обеих концентрациях токсиканта отмечалась у белого амура и карпа, данные виды также демонстрировали наибольшую скорость восстановления активности. Наименьшей устойчивостью исследуемого параметра ферментов обладали белый толстолобик и золотой карась. Скорость восстановления функции у данных видов рыб была замедлена.



Было выявлено, что у белого толстолобика активность мальтазы в контрольной группе составила  $14,33 \pm 0,12$ ,  $19,81 \pm 0,36$ ,  $21,15 \pm 0,32$  мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, отмечено постепенное увеличение активности от первоначального значения в 1,4 раза через 7 дней и в 1,5 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней установлено падение активности в 1,7 раза от соответствующего контрольного значения ( $11,98 \pm 0,12$  мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней было фиксировалось убывание активности до  $9,03 \pm 0,31$  мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 2,3 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней установлено снижение активности в 1,7 раза по сравнению с контрольным значением ( $11,56 \pm 0,18$  мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней было определено падение активности в 3 раза по сравнению с контрольным ( $6,98 \pm 0,24$  мкмоль/(г\*мин)).

У белого амура активность мальтазы в контрольной группе составила  $17,28 \pm 0,06$ ,  $20,82 \pm 0,39$ ,  $23,76 \pm 0,35$  мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, отмечалось увеличение активности от первоначального значения в 1,2 раза через 7 дней и в 1,4 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней наблюдалось снижение активности в 1,5 раза по сравнению с контрольным значением ( $13,79 \pm 0,31$  мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней определено убывание активности до  $9,99 \pm 0,19$  мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 2,4 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней выявлено снижение активности в 2,3 раза от соответствующего контрольного значения ( $9,18 \pm 0,23$  мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней выявлено падение активности в 2,8 раза по сравнению с контрольным ( $8,55 \pm 0,15$  мкмоль/(г\*мин)).

Было выявлено, что у карпа активность мальтазы в контрольной группе составила  $17,04 \pm 0,06$ ,  $20,48 \pm 0,64$ ,  $22,82 \pm 0,42$  мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. отмечалось постепенное увеличение активности от первоначального значения в 1,2 раза через 7 дней и в 1,3 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней установлено падение активности в 2 раза по сравнению с контрольным значением ( $10,36 \pm 0,18$  мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней наблюдалось убывание активности до  $7,38 \pm 0,27$  мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 3,1 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней определялось снижение активности в 2,5 раза от соответствующего контрольного значения ( $8,14 \pm 0,42$  мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней зафиксировано падение активности в 3,3 раза по сравнению с контрольным ( $6,86 \pm 0,25$  мкмоль/(г\*мин)).

У серебристого карася активность мальтазы в контрольной группе составила  $15,78 \pm 0,18$ ,  $19,52 \pm 0,26$ ,  $21,29 \pm 0,44$  мкмоль/(г\*мин) в первый день, 7 и 14 дней соответственно, т.е. отмечалось увеличение активности от первоначального значения в 1,2 раза через 7 дней и в 1,4 раза через 14 дней. В группе, содержащейся при концентрации нефти 10 мг/л, через 7 дней определено падение активности в 1,7 раза от соответствующего контрольного значения ( $11,68 \pm 0,3$  мкмоль/(г\*мин)). Через 14 дней отмечено убывание активности до  $7,95 \pm 0,36$  мкмоль/(г\*мин), что меньше соответствующего контрольного значения в 2,7 раза. У группы, содержащейся при концентрации нефти 100 мг/л, через 7 дней выявлено снижение активности в 2,4 раза от соответствующего контрольного значения ( $8,24 \pm 0,08$  мкмоль/(г\*мин)), через 14 дней фиксировалось падение активности в 3,2 раза по сравнению с контрольным ( $6,68 \pm 0,16$  мкмоль/(г\*мин)).

Таким образом, следует отметить, что у исследуемых видов показатели активности мальтазы возрастали в 1,2-1,4 раза через 7 дней, а через 14 дней в 1,3-1,5 раза. Наименьшее повышение активности выявлено у карпа, а наибольшее у белого толстолобика. В ходе эксперимента через 7 дней регистрировалось падение активности у всех исследуемых видов рыб при концентрации нефти 10 мг/л (в 1,5-2,0 раза от соответствующих контрольных), и концентрации нефти 100 мг/л (в 1,7-2,5 раза). Через 14 дней была отмечена тенденция к дальнейшему угнетению активности – она меньше в 2,3-3,1 раза соответствующей контрольной при концентрации 10 мг/л, и меньше соответствующей контрольной в 2,8-3,3 раза при концентрации 100 мг/л.



Наибольшая устойчивость исследуемого параметра фермента при обеих концентрациях токсиканта отмечалась у белого амура и белого толстолобика. Наименьшей устойчивостью обладали карп и золотой карась (табл. 3).



Таблица 3

Активность мальтазы у растительных рыб при интоксикации сырой нефтью  
(мкмоль/(г\*мин))

Вид	День эксперимента	Контроль	10 мг/л	100 мг/л
Белый толстолобик	1 день	14,33±0,12	14,33±0,12	14,33±0,12
	7 дней	19,81±0,36	11,98±0,12	11,56±0,18
	14 дней	21,15±0,32	9,03±0,31	6,98±0,24
Белый амур	1 день	17,28±0,06	17,28±0,06	17,28±0,06
	7 дней	20,82±0,39	13,79±0,31	9,18±0,23
	14 дней	23,76±0,35	9,99±0,19	8,55±0,15
Карп	1 день	17,04±0,06	17,04±0,06	17,04±0,06
	7 дней	20,48±0,64	10,36±0,18	8,14±0,42
	14 дней	22,82±0,42	7,38±0,27	6,86±0,25
Серебристый карась	1 день	15,78±0,18	15,78±0,18	15,78±0,18
	7 дней	19,52±0,26	11,68±0,3	8,24±0,08
	14 дней	21,29±0,44	7,95±0,36	6,68±0,16

Таким образом, было установлено, что растворенная в воде нефть оказывает негативное воздействие на метаболизм рыб и подавляет активность всех исследованных ферментов, следовательно, возможные нефтяные загрязнения представляют потенциальную опасность для различных представителей ихтиофауны Северного Каспия. На седьмые сутки эксперимента активность всех исследованных ферментов снижается похожим образом вне зависимости от концентрации. Через 14 дней при концентрации 10 мг/л отмечалась тенденция к восстановлению активности ферментов (за исключением мальтазы, активность которой продолжает падать), тогда как при концентрации 100 мг/л наблюдалось дальнейшее угнетение активности исследованных ферментов. Исключение составляли казеинлитические протеиназы, активность которых восстанавливалась со временем. Наибольшая устойчивость ферментов к нефтяной интоксикации отмечается у белого амура и белого толстолобика, данные виды демонстрируют наибольшую скорость восстановления пищеварительной функции.

### Библиографический список

1. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В. Региональная геология и нефтегазонасность Каспийского моря. – М.: Недра, 2004. – С. 15-18.
2. Министерство промышленности и природных ресурсов Астраханской области [Электронный ресурс] // URL: <http://mpts.astrobl.ru/Default.aspx?id=135>.
3. Каспийский проект. Месторождение имени Юрия Корчагина [Электронный ресурс] // URL: <http://www.lukoil.ru/materials/doc/%D0%9B%D0%98%D0%A4%D0%9B%D0%95%D0%A2.pdf>.
4. Неваленный А.Н. Адаптация рыб к различным экологическим факторам среды на примере процесса пищеварения // Успехи современного естествознания, 2003. – № 2. – С. 82.
5. Голованова И.Л., Комов В.Т. Влияние ртути на гидролиз углеводов в кишечнике речного окуня *Perca fluviatilis* // Вопросы ихтиологии, 2005. – 45, № 5. – С. 695-701.
6. Голованова И.Л. Влияние биогенных металлов Cu и Zn на гидролиз углеводных компонентов корма у пресноводных костистых рыб // Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны: Тезисы докладов Международной научной конференции, Азов, 6-8 июня, 2006. – Ростов н/Д, 2006. – С. 38-40.
7. Уголев А.М. Определение амилазной активности // Исследование пищеварительного аппарата у человека. – Л.: Наука, 1969. – С. 187-192.
8. Алейникова Т.Л., Рубцова Г.В. Биохимия. Руководство к практическим занятиям по биологической химии. – М.: Высшая школа, 1988. – 239 с.
9. Неваленный А.Н., Бедняков Д.А., Держинская И.С. Энзимология: Учеб. пособие // Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. – С. 74-79.