

Туул голын усны чанар, бохирдлын түвшний өөрчлөлтийг бүсээр харьцуулан үнэлэх нь

Соёлмаа О., Баярмаа Д.
“Ач” Анагаах ухааны их сургууль
И-мэйл: bayarmaa@ach.edu.mn

Abstract

Comparative assessment of changes in water quality and pollution levels of the Tuul river by zones

Soyolmaa O., Bayarmaa D.
“Ach” Medical University
E-mail: bayarmaa@ach.edu.mn

Rationale

In recent years, global warming, climate change, environmental pollution driven by human activities, expansion of settlement areas, and mining operations within the Tuul river basin have been increasingly recognized as major factors affecting the river's water quality, pollution levels, and flow regime [1, 3].

In particular, air and soil pollution in Ulaanbaatar, the quality and composition of effluent from the central wastewater treatment plant, water use by thermal power plants and boilers, as well as increasing domestic and industrial water consumption, continue to exert pressure on the Tuul river system [4, 6]. In addition, gold mining activities in the Zaamar area further contribute to the deterioration of water quality.

These combined pressures highlight the growing vulnerability of the Tuul river ecosystem and underline the need for detailed, spatially differentiated assessment of water quality along its course, especially within and downstream of urbanized areas.

Objective

The objective of this study is to assess and evaluate the level of pollution in the Tuul river by spatially dividing the river into zones based on the results of chemical analysis.

Materials and Methods

This study utilized water quality data obtained from laboratory analyses of Tuul River water samples conducted by the Information and Research Institute of Meteorology, Hydrology and Environment between 2022 and 2024. The data were accessed and used with official permission from the relevant authority.

The study was designed as a descriptive cross-sectional analysis. The research area was divided into three zones and 14 monitoring sites. A total of 373 water samples were analyzed based on 15 chemical parameters.

Ethics

Before initiating the study, the research methodology and procedures were reviewed and approved by the Ethics Committee of Ach Medical University. An official request was submitted to the National Agency for Meteorology and Environmental Monitoring to obtain permission for the use of research data, and the data were used upon receiving approval.

To assess the water quality of the Tuul river, a statistical analysis was conducted on 15 key parameters across Zones 1, 2, and 3 using SPSS and Microsoft Excel. The study calculated arithmetic means and standard deviations to evaluate the data. A total of 373 samples, collected from 14 monitoring points within these three zones over a three-year period, were included in the analysis.

Results

The three-year average concentrations of water quality indicators differed across Zones 1, 2, and 3. In Zones 2 and 3, key indicators including dissolved oxygen, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), ammonium nitrogen, mineral phosphorus, and chromium corresponded to Class IV and V levels of surface water quality classification, indicating heavy to extreme pollution.

Conclusion

1. The chemical indicators reflecting the water quality and pollution level of the Tuul River show clear spatial variation along its course. The upper reach entering the city is relatively unpolluted, the central urban section experiences noticeable contamination, and the downstream section accumulates the highest level of pollution.
2. The main surface water pollution indicators in Zones 2 and 3 fall within heavily polluted (IV) and very heavily polluted (V) categories, indicating a strong influence of human activities and urbanization.
3. The average fluoride concentration in all zones exceeds the permissible limit defined by relevant standards by 2.5–3.9 times. Consumption of surface water with elevated fluoride levels may lead to fluorosis in humans, while livestock drinking water along the Tuul River may experience reduced productivity and disruption of normal bone structure development.

Key words: Tuul river, zone, parameters, contamination, standard

Pp. 92-101, Tables 6, References 16

Үндэслэл

Сүүлийн жилүүдэд дэлхийн дулаарал, уур амьсгалын өөрчлөлт, хүний үйл ажиллагаатай холбоотой орчны бохирдол, суурьшлын бүсийн тэлэлт, Туул голын сав газарт хамаарах бүс нутагт байгалийн баялаг олборлох үйл ажиллагаа зэрэг нь Туул голын усны чанар, бохирдол, урсац зэрэгт мэдэгдэхүйц нөлөөлж байгааг мэргэжлийн байгууллага, судлаачид анхааруулсаар байна [1, 2, 3].

Улаанбаатар хотын агаар, хөрсний бохирдол, төв цэвэрлэх байгууламжийн хаягдал усны чанар, найрлага, дулааны цахилгаан станц, уурын зуухнуудын технологийн хэрэгцээ, иргэд, аж ахуйн нэгж байгууллагуудын усны хэрэглээ, Заамар

дахь алтны уурхайн олборлолт зэрэг нь өнөөг хүртэл Туул голын усны бохирдолд нөлөөлсөөр байна [4, 5, 6].

Улаанбаатар хотод байрлах хүнс, нийтийн хоол, эмнэлэг, ноос ноолуур, арьс шир боловсруулах үйлдвэр, автомашин угаалгын газар зэрэг олон зуун үйлдвэр, аж ахуйн нэгжийн үйл ажиллагааны явцад бий болсон бүрэн цэвэршүүлээгүй хаягдал ус болон хатуу хог хаягдлын хангалтгүй менежмент нь Туул голын усны бохирдлын бас нэгэн шалтгаан юм [4, 6, 7].

Нийгэм, эдийн засаг, усны нөөц, чанар, экологийн холбогдолтой сүүлийн үеийн судалгааны мэдээ, мэдээлэлд үндэслэн 2019 онд хийсэн сав газрын нэгдсэн

үнэлгээгээр Туул голын сав газар нийтдээ “С” буюу дунджаас доогуур түвшинд үнэлэгдсэн байна [3].

Туул голын гадаргын усны чанар, бохирдлыг илэрхийлэх үндсэн үзүүлэлтүүдийг Улаанбаатар хот орчимд урсац дагуу бүсчлэн судлах нь ач холбогдолтой хэмээн үзэж энэхүү судалгааг хийсэн [1, 8].

Зорилго

Туул голын усны бохирдлыг түвшинг химийн шинжилгээний дүнд үндэслэн бүсчлэн судлах, үнэлэхэд энэхүү судалгааны зорилго оршино.

Материал, арга зүй

Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын 2022-2024 онд Туул голын усны дээжид хийсэн химийн шинжилгээний мэдээллийг

ашиглан дескриптив судалгааны агшингийн загвараар гүйцэтгэсэн. Туул голын усыг Улаанбаатар хот орчимд урсац дагуу 3 бүсэд хуваан, 14 байршилд хяналтын цэг тогтоон, тэдгээр цэгүүдээс авсан усны дээжид тодорхойлсон усны орчин, цахилгаан дамжуулах чанар, умбуур бодис, уусан хүчилтөрөгч, биохимийн хүчилтөрөгчийн хэрэгцээ, химийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч, аммони, нитрит, нитрат, фосфат, төмөр, хлорид, сульфат, 6 валенттай хром, фтор зэрэг 15 үзүүлэлтүүдийг сонгон 3 жилийн дундаж агууламж, стандарт хазайлтыг Exsel, SPSS22 программ ашиглан тооцоолов.

Судалгааны хамаарах хугацаанд 3 бүсийн 14 хяналтын цэгээс 373 усны дээж авч лабораторид химийн шинжилгээ хийсэн ба үр дүнг Монгол улсын “Усан орчны чанар. Ерөнхий шаардлага. MNS 4586:2024-тай харьцуулан үнэллээ.

Table 1. Classification of zones, monitoring sites, study period, and number of water samples

Zone	Monitoring site	Year			Total
		2022	2023	2024	
Zone 1	Tuul-Uubulan	37	37	42	116
	Tuul-Nalaikh				
	Uliastai-Ulaanbaatar				
	Tuul-Bayanzurkh Bridge				
Zone 2	Dund Gol-Ulaanbaatar	43	47	56	146
	Tuul-Zaisan				
	Tuul-Shine Bridge				
	Tuul-Sonsoglon				
	Tuul-Songino Upper				
	Tuul-Songino Lower				
Zone 3	Tuul-Zaamar	35	34	42	111
	Tuul-Lun				
	Tuul-Altanbulag				
	Tuul-Khadan Khyasaa				
Total		115	118	140	373

Ёс зүй

Судалгааг эхлэхийн өмнө “Ач” Анагаах ухааны их сургуулийн Ёс зүйн хорооны хурлаар арга, аргачлалыг хэлэлцүүлэн ёс зүйн зөвшөөрөл авсан. Цаг уур, орчны шинжилгээний газарт албан бичиг илгээж,

судалгааны мэдээлэл ашиглах зөвшөөрөл авсан.

Үр дүн

Туул голын урсац дагуух 1 дүгээр бүсэд Туул-Уубулан, Туул-Налайх, Улайстай-Улаанбаатар, Туул-Баянзүрхийн гүүр гэсэн

4 хяналтын цэг, 2 дугаар бүсэд Дунд гол-Улаанбаатар, Туул-Зайсан, Туул-Шинэ гүүр, Туул-Сонсоглон, Туул-Сонгино дээд, Туул-Сонгино доод гэсэн 6 хяналтын цэг,

3 дугаар бүсэд Туул-Заамар, Туул-Лүн, Туул-Алтанбулаг, Туул-Хадан хясаа гэсэн 4 хяналтын цэг, нийт 14 хяналтын цэг тогтоосон.

Table 2. Mean concentrations of water quality indicators at monitoring sites in Zone 1 (2022-2024)

№	Indicator (unit)	Tuul-Uubulan	Tuul-Nalaikh	Uliastai-Ulaanbaatar	Tuul-Bayanzurkh Bridge
1	pH	7.01 ± 0.13	7.17 ± 0.16	7.56 ± 0.23	7.19 ± 0.07
2	Suspended solids (mg/L)	3.78 ± 0.71	5.14 ± 1.65	6.26 ± 2.67	4.25 ± 0.83
3	Dissolved oxygen (mg/L)	8.78 ± 0.17	8.86 ± 0.23	9.47 ± 0.44	9.34 ± 0.26
4	BOD ₅ (mg/L)	1.99 ± 0.15	2.01 ± 0.25	2.35 ± 0.30	2.20 ± 0.31
5	COD (mg/L)	2.26 ± 0.77	3.81 ± 0.69	6.42 ± 1.42	4.37 ± 1.43
6	NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.11 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.11 ± 0.03
7	NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.004 ± 0	0.003 ± 0	0.01 ± 0	0.005 ± 0
8	NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.26 ± 0.06	0.30 ± 0.03	0.27 ± 0.07	0.41 ± 0.17
9	P ₂ O ₅ (mg/L)	0 ± 0	0 ± 0	0.01 ± 0.001	0.01 ± 0.001
10	Fe (mg/L)	0.19 ± 0.06	0.22 ± 0.04	0.19 ± 0.09	0.31 ± 0.04
11	Cl ⁻ (mg/L)	2.96 ± 0.45	3.44 ± 0.40	4.05 ± 0.19	3.62 ± 0.08
12	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	4.36 ± 1.15	6.70 ± 0.46	4.11 ± 0.87	6.32 ± 1.66
13	Cr ⁶⁺ (mg/L)	0.26 ± 0.18	0.20 ± 0.16	0.02 ± 0.01	0.04 ± 0.02
14	Fluoride (mg/L)	3.67 ± 0.15	3.73 ± 0.12	4.13 ± 0.44	3.94 ± 0.13
15	Electrical conductivity (µS/cm)	67.6 ± 6.53	75.66 ± 6.60	120.78 ± 3.91	92.93 ± 17.94

Туул голын урсац дагуух 1 дүгээр бүсэд хамаарах Туул-Уубулан, Туул-Налайх, Улиастай-Улаанбаатар, Туул-Баянзүрхийн гүүр гэсэн 4 хяналтын цэгийн 116 дээжид хийсэн химийн шинжилгээний дүнгээс үзэхэд гадаргын усны чанар, бохирдлыг илэрхийлэх үзүүлэлтүүдийн дундаж

агууламж MNS 4586:2024-д заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнд тодорхойлогдсон. Харин фторын агууламжийн дундаж утга 3.87±0.21 мг/л байгаа нь дээрх стандартад зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс 2.5 дахин их байна.

Table 3. Average concentrations of water quality parameters at monitoring sites in Zone 2 (2022-2024)

№	Parameter (unit)	Dund Gol-Ulaanbaatar	Tuul-Zaisan	Tuul-Shine Bridge	Tuul-Sonsoglon	Tuul-Songino Upper	Tuul-Songino Lower
1	pH	7.57 ± 0.07	7.12 ± 0.23	7.16 ± 0.10	7.29 ± 0.22	7.30 ± 0.18	7.21 ± 0.14
2	Suspended solids (mg/L)	22.95 ± 5.99	5.26 ± 1.68	23.65 ± 4.26	9.14 ± 4.74	15.36 ± 7.24	85.11 ± 21.30
3	Dissolved oxygen (mg/L)	9.01 ± 0.57	9.23 ± 0.30	5.44 ± 0.94	8.70 ± 0.09	8.91 ± 0.32	6.35 ± 0.44
4	BOD ₅ (mg/L)	3.16 ± 0.07	2.29 ± 0.23	27.07 ± 7.69	1.65 ± 0.06	3.06 ± 0.53	92.67 ± 7.07
5	COD (mg/L)	5.70 ± 0.07	4.86 ± 1.01	11.88 ± 0.28	4.96 ± 0.15	4.98 ± 1.30	29.42 ± 3.22

6	NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.17 ± 0.03	0.13 ± 0.01	5.10 ± 0.68	0.14 ± 0.02	0.68 ± 0.51	10.79 ± 1.87
7	NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.05 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.06 ± 0.02	0.01 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.06 ± 0.01
8	NO ₃ ⁻ (mg/L)	7.46 ± 0.63	0.35 ± 0.12	0.46 ± 0.10	0.60 ± 0.12	1.41 ± 0.26	0.45 ± 0.08
9	P ₂ O ₅ (mg/L)	0.02 ± 0.001	0.01 ± 0.00	0.49 ± 0.05	0.01 ± 0.00	0.17 ± 0.04	1.16 ± 0.13
10	Fe (mg/L)	0.24 ± 0.07	0.27 ± 0.05	0.47 ± 0.15	0.23 ± 0.04	0.38 ± 0.18	0.42 ± 0.08
11	Cl ⁻ (mg/L)	36.42 ± 1.04	4.33 ± 1.16	19.32 ± 0.84	4.36 ± 1.20	7.86 ± 0.55	43.94 ± 4.70
12	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	64.82 ± 5.32	4.24 ± 1.67	23.11 ± 2.08	5.19 ± 1.24	12.80 ± 1.79	54.97 ± 9.58
13	Cr ⁶⁺ (mg/L)	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.15 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.30 ± 0.12
14	F ⁻ (mg/L)	5.03 ± 0.24	3.93 ± 0.03	5.11 ± 1.04	3.71 ± 0.19	4.19 ± 0.16	6.14 ± 1.07
15	Electrical conductivity (µS/cm)	521.73 ± 50.89	78.56 ± 18.75	258.50 ± 11.73	90.85 ± 16.10	132.06 ± 14.65	521.79 ± 22.86

Туул голын усны урсац дагуу 2 дугаар бүсэд хамаарах 6 хяналтын цэгээс 3 жилийн хугацаанд 146 усны дээж авч химийн шинжилгээ хийсэн. Шинжилгээний дүнд үндэслэн гадаргын усны чанар, бохирдлыг илэрхийлэх үзүүлэлтүүдийн дундаж агууламжийг тодорхойлоход Дунд гол -Улаанбаатар, Туул - Зайсан, Туул - Шинэ гүүр, Туул - Сонсголон, Туул - Сонгино дээд гэсэн 5 хяналтын цэгт pH, ууссан хүчилтөрөгч(O₂), нитрит(NO₂), нитрат(NO₃), фосфорын нэгдэл (P₂O₅), хром (Cr⁶⁺) зэрэг үзүүлэлтүүд холбогдох стандартад заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэтрээгүй байна. Харин умбуур бодис, биохимийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (БХХ₅), химийн хэрэгцээт

хүчилтөрөгч (XXX), аммоний (NH₄⁺), төмөр (Fe), хлорид (Cl⁻), сульфат (SO₄²⁻), фтор (F⁻) болон цахилгаан дамжуулах чанар зэрэг үзүүлэлтүүд стандартад заасан зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс хэтэрсэн. Энэ бүсэд фторын дундаж агууламж гадаргын усны стандартад заасан хэмжээнээс 2 дахин их тодорхойлогдлоо. Туул–Сонгино доод хяналтын цэгийн усны дээжинд БХХ₅, XXX, NH₄⁺, P₂O₅, Cr⁶⁺, F⁻ болон цахилгаан дамжуулах чанар зэрэг үзүүлэлтүүдийн дундаж агууламж Монгол улсын “Усан орчны чанар. Ерөнхий шаардлага. MNS 4586:2024 стандартад заасан гадаргын усны чанарын ангилалын V зэрэглэлийн түвшинд байна.

Table 4. Average concentrations of water quality parameters at monitoring sites in Zone 3 (2022-2024)

№	Parameter (unit)	Tuul-Zaamar	Tuul-Lun	Tuul-Altanbulag	Tuul-Khadan Khyasaa
1	pH	7.81 ± 0.18	7.59 ± 0.14	7.29 ± 0.24	7.22 ± 0.15
2	Suspended solids	47.29 ± 16.70	20.43 ± 6.71	31.40 ± 10.03	34.55 ± 9.51
3	Dissolved oxygen (mg/L)	0.00 ± 0.00	6.75 ± 2.49	5.60 ± 1.13	4.63 ± 0.48
4	BOD ₅ (mg/L)	0.00 ± 0.00	4.82 ± 0.50	15.69 ± 10.88	42.05 ± 8.21
5	COD (mg/L)	7.03 ± 0.89	3.93 ± 0.13	7.88 ± 1.22	15.51 ± 2.02
6	NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.39 ± 0.05	0.47 ± 0.07	5.43 ± 2.95	9.64 ± 0.13
7	NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.13 ± 0.08	0.09 ± 0.03

8	NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.81 ± 0.35	1.24 ± 0.38	0.33 ± 0.07	0.39 ± 0.03
9	P ₂ O ₅ (mg/L)	0.05 ± 0.02	0.07 ± 0.01	0.48 ± 0.29	0.70 ± 0.09
10	Fe (mg/L)	0.15 ± 0.09	0.12 ± 0.08	0.33 ± 0.14	0.47 ± 0.06
11	Cl ⁻ (mg/L)	17.64 ± 1.70	15.06 ± 1.20	25.84 ± 12.45	35.56 ± 5.07
12	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	38.34 ± 10.82	25.74 ± 4.29	29.20 ± 19.73	46.53 ± 9.75
13	Cr ⁶⁺ (mg/L)	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.08 ± 0.07	0.29 ± 0.12
14	F ⁻ (mg/L)	0.17 ± 0.07	0.17 ± 0.08	5.14 ± 0.80	5.94 ± 1.07
15	Electrical conductivity	307.89 ± 42.71	301.34 ± 19.83	326.74 ± 131.63	444.80 ± 27.69

Туул голын усны урсац дагуу 3 дугаар бүсэд хамаарах 4 хяналтын цэгээс 3 жилийн хугацаанд 111 усны дээж авч химийн шинжилгээ хийсэн. Шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд ууссан хүчилтөрөгч (O₂), фосфорын нэгдэл (P₂O₅)-ийн дундаж агууламж Монгол улсын “Усан орчны чанар. Ерөнхий шаардлага. MNS 4586:2024 стандартад заасан чанарын ангиллын IV зэрэглэлд хамаарах түвшинд

тодорхойлогдсон. Харин биохимийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (БХХ₅), аммонийн азот (NH₄⁺)-ын дундаж агууламж чанарын ангиллын V зэрэглэлд хамаарах түвшинд байна. Энэ бүсэд фторын дундаж агууламж Туул-Заамар, Туул-Лүн хяналтын цэгт зөвшөөрөгдөх хэмжээнд тодорхойлогдсон бол Туул-Алтанбулаг, Туул-Хадан хясаа цэгт зөвшөөрөгдөх дээд хэмжээнээс 3.4–3.9 дахин их байна

Table 5. Comparison of average concentrations of water quality parameters by zones (2022-2024)

№	Parameter (unit)	Zone 1	Zone 2	Zone 3
1	pH	7.23 ± 0.2	7.28 ± 0.1	7.45 ± 0.2
2	Suspended solids (mg/L)	4.86 ± 0.9	26.91 ± 6.9	32.43 ± 9.9
3	Dissolved oxygen (mg/L)	9.11 ± 0.3	7.94 ± 1.5	5.66 ± 0.9
4	BOD ₅ (mg/L)	2.13 ± 0.1	21.65 ± 33.0	20.83 ± 15.6
5	COD (mg/L)	4.21 ± 1.5	10.30 ± 8.9	8.58 ± 4.3
6	NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.12 ± 0.0	2.83 ± 4.0	3.98 ± 3.9
7	NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.00 ± 0.0	0.03 ± 0.0	0.07 ± 0.0
8	NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.31 ± 0.1	1.78 ± 2.6	0.69 ± 0.4
9	P ₂ O ₅ (mg/L)	0.01 ± 0.0	0.31 ± 0.4	0.32 ± 0.3
10	Fe (mg/L)	0.22 ± 0.0	0.33 ± 0.1	0.26 ± 0.2
11	Cl ⁻ (mg/L)	3.51 ± 0.4	19.37 ± 15.7	23.52 ± 8.0
12	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	5.37 ± 1.1	27.52 ± 23.9	34.95 ± 8.1
13	Cr ⁶⁺ (mg/L)	0.13 ± 0.1	0.11 ± 0.1	0.09 ± 0.1
14	F ⁻ (mg/L)	3.86 ± 0.2	4.68 ± 0.8	2.85 ± 2.7
15	Electrical conductivity	89.24 ± 20.4	267.24 ± 189.1	345.19 ± 58.3

Нийт бүсүүдийн усны чанарын болон бохирдлын үзүүлэлтүүдийн дундаж агууламжийг харьцуулахад умбуур бодисын дундаж агууламж 1 дүгээр бүсэд 4.86±0.9 мг/л байгаа бол 2 дугаар бүсэд 26.91±6.9 мг/л буюу 5.5 дахин, 3 дугаар бүсэд 32.43±9.9 мг/л буюу 6.6 дахин их тодорхойлогдсон байна. Ууссан хүчилтөрөгчийн дундаж агууламж 1 дүгээр бүсэд 9.11±0.3 мгО/л тодорхойлогдон, 2 дугаар бүсэд 7.94±1.5

мгО/л, 3 дугаар бүсэд 5.66±0.9 мгО/л болж буурсан нь усны өөрөө цэвэрших үйл явц бүсүүдэд ялгаатай байгааг харуулж байна. Биохимийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (БХХ₅)-ийн дундаж агууламж 1 дүгээр бүсэд 2.13±0.1 мгО/л тодорхойлогдсон бол 2 дугаар бүсэд 21.65±33.0 мгО/л буюу 10.2 дахин их, 3 дугаар бүсэд 20.83±15.6 мгО/л буюу 9.8 дахин их байна. Химийн хэрэгцээт хүчилтөрөгч (ХХХ)-ийн дундаж агууламж 1

дүгээр бүсэд 4.21 ± 1.5 мгО/л, 2 дугаар бүсэд 10.3 ± 8.9 мгО/л, 3 дугаар бүсэд 8.58 ± 4.3 мгО/л буюу ялгаатай тодорхойлогдсон. Аммонийн азот (NH_4^+)-ын дундаж агууламж 1 дүгээр бүсэд 0.12 ± 0.0 мг/л, 2 дугаар бүсэд

2.83 ± 4.0 мг/л, 3 дугаар бүсэд 3.98 ± 3.9 мг/л байна. Цахилгаан дамжуулах чанарын дундаж утга 1 дүгээр бүсэд 89.24 ± 20.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ байсан нь 2 дугаар бүсэд 3 дахин их, 3 дугаар бүсэд 3.9 дахин их тодорхойлогдсон.

Table 6. Results of Tukey's post hoc test for differences in water quality indicators between the zones of the Tuul River

Indicator	Zone 1 vs Zone 2	Zone 1 vs Zone 3	Zone 2 vs Zone 3	Conclusion
EC	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
SS	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
O ₂	Significant***	Significant***	Significant***	Zone 1 > Zone 2 > Zone 3
BOD	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
PIC _H	Significant***	Significant*	Not significant	Zone 1 < Zone 3 < Zone 2
SO ₄	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
Cl	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
NH ₄	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
NO ₂	Significant**	Significant***	Significant**	Zone 1 < Zone 2 < Zone 3
NO ₃	Significant***	Not significant	Significant***	Zone 2 > Zone 3 $\approx$ Zone 1
P ₂ O ₅	Significant***	Significant***	Not significant	Zone 1 < Zone 2 $\approx$ Zone 3
F	Significant*	Significant***	Significant***	Zone 2 > Zone 1 > Zone 3
Fe	Significant**	Not significant	Not significant	Zone 2 > Zone 1 $\approx$ Zone 3

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

Significant - статистикийн ач холбогдолтой ялгаа ($p < 0.05$)

Not significant - статистикийн ач холбогдолгүй ($p > 0.05$)

Бүсүүдийн хооронд илэрсэн ялгааг нарийвчлах зорилгоор Tukey-ийн олон харьцуулалтын тестээр үнэлэхэд ихэнх үзүүлэлтүүдийн хувьд 1 дүгээр бүс нь 2, 3 дугаар бүсээс статистикийн хувьд ялгаатай ($p < 0.05$) байна. Харин 2 ба 3 дугаар бүсийн хооронд ихэнх үзүүлэлтийн хувьд статистикийн ач холбогдол бүхий ялгаа илрээгүй нь эдгээр бүсүүдийн усны чанарын түвшин ойролцоо байгааг илтгэнэ. Тухайлбал, EC, SS, BOD, SO₄, Cl, NH₄, P₂O₅ үзүүлэлтүүд 1 дүгээр бүсэд бага, 2 ба 3 дугаар бүсэд өндөр утгатай, 2, 3 дугаар бүсийн хоорондоо ялгаа илрээгүй байна. Энэ нь голын урсац дагуу доошлох чиглэлд бохирдол нэмэгдэж байгааг илтгэнэ. Уссан хүчилтөрөгч (O₂), нитрит (NO₂⁻) зэрэг үзүүлэлтийн хувьд бүсүүдийн хооронд статистикийн ач

холбогдол бүхий ялгаа илэрсэн нь эдгээр үзүүлэлтүүд орон зайн өөрчлөлтөд илүү мэдрэг байгааг илэрхийлнэ. Харин NO₃⁻ болон Fe зэрэг үзүүлэлт зарим бүсүүдийн хооронд ялгаатай байна. Tukey тестийн үр дүн нь усны чанарын болон бохирдлын үзүүлэлтүүдийн бүсүүдийн хоорондын ялгааг нарийвчлан тодорхойлж, бохирдлын орон зайн тархалтын зүй тогтлыг илрүүлж байна.

Хэлцэмж

Судалгааны үр дүнгээс үзэхэд Туул голын ус Улаанбаатар хот руу урсан ирэх дээд урсгалд бохирдолгүй боловч хотын төв хэсгийг дайран өнгөрөх үед мэдэгдэхүйц бохирдож, доод урсгалд бохирдол хамгийн өндөр түвшинд байгааг тогтоолоо. Энэ нь бусад судалгаануудтай нийцэж байгаа

бөгөөд хотжилт, хүн амын төвлөрөл, хүний үйл ажиллагаа, хатуу шингэн хаягдлын менежмент хангалтгүйтэй шууд холбоотой [9, 10].

Судалгаагаар аммоний (NH_4^+), биохимийн хүчилтөрөгчийн хэрэгцээ (BOD_5), нийт ууссан хатуу бодис (TDS) зэрэг үзүүлэлтүүд хотын бүсэд стандартад заасан хэмжээнээс хэтэрсэн нь ахуйн болон үйлдвэрийн бохир ус, хүний үйл ажиллагаа, хотжилттой холбоотой нөлөөллийг илтгэж байна. Энэ үр дүн нь ДЭМБ-ын ундны усны чанарын зөвлөмжид заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс давсан тохиолдолд экосистем болон хүний эрүүл мэндэд сөрөг нөлөө үзүүлдэг гэсэн дүгнэлттэй нийцэж байна [11].

Олон улсын ижил төстэй судалгаануудтай харьцуулахад ижил зүй тогтол ажиглагдаж байна. Тухайлбал, Филиппиний Marilao River-д хийсэн судалгаагаар хот, үйлдвэрийн бүсийг дайран өнгөрөх хэсэгт BOD , COD болон хүнд металлын агууламж огцом нэмэгдэж, усны чанар “их бохирдолтой” ангилалд хүрсэн байна [12]. Мөн Мексикийн Atoyac River-ын судалгаанд ахуйн болон үйлдвэрийн бохир ус голд шууд нийлснээс усны чанар эрс доройтож, экосистемийн доройтол болон хүний эрүүл мэндэд эрсдэл үүсгэж байгааг тогтоожээ [13]. Эдгээр жишээнүүд нь хотжилт өндөртэй бүсэд голын ус бохирдох нийтлэг зүй тогтлыг баталж байна.

Туул голын хувьд усны урсцын хэмжээ харьцангуй бага, улирлын хэлбэлзэл өндөртэй тул өөрөө цэвэрших чадвар (self-purification capacity) хязгаарлагдмал байдаг. Харин Европын Rhine river зэрэг томоохон голуудын хувьд урсац ихтэй тул бохирдлыг тодорхой хэмжээнд шингээх, сарниулах чадвар илүү өндөр байдаг [14]. Иймээс Туул гол нь бохирдлын нөлөөнд илүү эмзэг экосистемд тооцогдоно.

Мөн Туул голын сав газарт бохирдлын эх үүсвэрүүд ойрхон байрладаг нь бохирдлын хуримтлал үүсэх нөхцөлийг бүрдүүлж байна. Энэ нь олон улсын судалгаанд дурдагддаг

“point source pollution”-ийн нягтрал өндөр үед усны чанар богино зайд эрс доройтдог гэсэнтэй нийцэж байна [15, 16].

Дүгнэлт:

1. Туул голын усны чанар, бохирдлын түвшинг илтгэх химийн үзүүлэлтүүд бүсүүдэд ялгаатай буюу хот руу урсан орж ирэх дээд хэсэгт гадаргын ус бохирдолгүй, хот дундуур урсан өнгөрөх явцад бохирдож, хотоос гадагш урсах доод хэсэгт бохирдол хуримтлагдсан байна.
2. Гадаргын усны бохирдлын үндсэн үзүүлэлтүүд 2 ба 3 дугаар бүсэд бохирдол их (IY), маш бохир (Y) түвшинд байгаа нь хүний үйл ажиллагаа, хотжилтын нөлөөг илтгэж байна.
3. Бүх бүсэд гадаргын усны фторын дундаж агууламж холбогдох стандартад заасан зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс 2.5-3.9 дахин их байна. Фторын агууламж өндөртэй гадаргын усыг хүн амын унданд хэрэглэхэд флюорозын эмгэг тохиолдох бол Туул гол дагуух айлуудын мал уухад ашиг шим муудах, ясны хэвийн бүтцийг алдагдуулах нөлөөтэй.

Талархал

Судалгааг хэрэгжүүлэхэд дэмжлэг үзүүлсэн “Ач” Анагаах ухааны их сургууль, Нийгмин эрүүл мэндийн тэнхим, Цаг уур, орчны шинжилгээний газрын хамт олонд чин сэтгэлийн талархал илэрхийлье.

Ном зүй

1. Ус цаг уур, орчны шинжилгээний газар. Туул голын усны чанар, горимын ажиглалтын тайлан. 2023. Улаанбаатар. х.6
2. Туул голын сав газрын захиргаа. Туул голын сав газрын менежментийн төлөвлөгөө. 2022. Улаанбаатар.
3. Байгаль орчин, аялал жуулчлалын яам. Туул голын сав газрын нэгдсэн үнэлгээний тайлан. 2019. Улаанбаатар.
4. Нийслэлийн Байгаль орчны газар. Улаанбаатар хотын усны бохирдлын төлөв байдал. 2021. Улаанбаатар.

5. Усны газар. Монгол орны усны нөөц, ашиглалт, хамгаалалт. 2020. Улаанбаатар.
6. Мэргэжлийн хяналтын ерөнхий газар. Гадаргын усны чанарын хяналт-шинжилгээний дүн. 2022. Улаанбаатар.
7. Шинжлэх ухааны академи. Улаанбаатар хот орчмын усны бохирдлын судалгаа. 2021. Улаанбаатар.
8. Монгол орны газарзүйн хүрээлэн. Монгол орны газарзүйн атлас. 2020. Улаанбаатар.
9. Batbayar, G., et al. *Water quality assessment of the Tuul River basin*. Улаанбаатар, 2017.
10. Davaa, G., et al. *Urban impact on Tuul River water pollution*. Улаанбаатар, 2020.
11. Дэлхийн эрүүл мэндийн байгууллага. *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva, 2017.
12. Santos, R., et al. *Water quality assessment of Marilao River, Philippines*. 2022.
13. Camacho, L., et al. *Pollution and health risks in Atoyac River, Mexico*. 2021.
14. International Commission for the Protection of the Rhine. *Rhine River water quality report*. 2019.
15. Chapman, D. *Water quality assessments: A guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 1996.
16. UNEP. *Water pollution and ecosystem impacts*. 2016.

Танилцаж, нийтлэх санал өгсөн:
Анагаахын шинжлэх ухааны доктор
профессор Н.Сайжаа