

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ Р. МАШАВЕРА (ЮГО-ВОСТОК ОТ ТБИЛИСИ) ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МЕЛИОРАЦИЙ**

**Каландадзе Б. Б., Трапаидзе В.З, Двалашвили Г. Б**

Тбилисский государственный университет им. Ивана Джавахишвили, Факультет точных и естественных наук, департамент географий, г. Тбилиси, Грузия, [besik.kalandadze@tsu.ge](mailto:besik.kalandadze@tsu.ge); [vazha.trapaidze@tsu.ge](mailto:vazha.trapaidze@tsu.ge); [giorgi.dvalashvili@tsu.ge](mailto:giorgi.dvalashvili@tsu.ge)

*There are different concentrations of toxic elements fixed in the irrigation soils located near Madneuli Mining and Processing Plant in south-east of Tbilisi. The research conducted by us enables us to conclude that polluting heavy metals, predominantly copper, cadmium and zinc in this case, have an active negative impact on the properties of soil, its composition and soil-forming processes taking place in the soil. This is evidenced by the decreased hydro-potential of the soil and disturbed balanced interaction between the steady, liquid and gaseous phases of the soil; and sharp qualitative and quantitative change, soil degradation, disturbance of vital functions of agricultural crops and sharp drop of bioefficiency are the case. A clear proof of this is the mutual saturation of agrophysical parameters of slightly, moderately and heavily contaminated soils with heavy metals.*

### **Введение**

В конце XX и на рубеже XXI века развитие современной цивилизации достигло наивысшей ступени. Наряду с большой пользой, это создало людям множество проблем. В результате хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение окружающей среды отходами производства, сточными водами, разными радиоактивными веществами, применяемыми в сельском хозяйстве ядохимикатами.

Почва является весьма специфичным и сложным компонентом природы. В случае загрязнения воды и воздуха, если мы отделим от них токсичные вещества, они весьма просто возвращаются в свое первоначальное состояние. Что касается почв, здесь вопрос намного сложнее. В случае загрязнения нарушается вековое равновесие, для восстановления которого требуется очень много времени, нарушается какой-либо значительный компонент, что вызывает резкое падение ее нормального функционирования.

Первый тектогенный «удар» принимает на себя верхний, гумусный слой почвы, в которой развивается основная масса корневой системы. Именно здесь происходит интенсивное накопление микро- и макроэлементов и других токсичных веществ. К токсичным веществам, принесенным водой и воздухом, систематически добавляются и привнесенные посредством пестицидов, минеральных и органических удобрений, оказывающие очень вредное влияние на живые организмы.

Особую тревогу вызывает влияние орошения почвы сточными водами на ее химический состав. Применение для орошения обогащенных тяжелыми металлами сточных вод вызывает весьма плачевные последствия. Хотя, по мнению некоторых авторов (Первес, 1997), орошение водой опасно только при

избыточном количестве в ней цинка, меди и никеля, так как эти элементы являются очень фитотоксичными.

Неоднородна и буферная способность самих почв, т.е. их способность противостоять элементам-загрязнителям. В первую очередь это тесно связано с текущими в почвах процессами обмена катионов.

Исследуемый объект расположен в Болнисском районе – вблизи Казретского горно-обогатительного комбината. Болнисский район является частью металлогенной провинции Малого Кавказского хребта и одним из значительнейших горнорудных районов Грузии. С целью изучения воздействия на окружающую среду расположенных здесь многочисленных месторождений и рудопроявлений исследовано содержание некоторых тяжелых металлов в почвах, растениях и природных водах и закономерности их распределения.

Район является средне- и высокогорным, абсолютная высота которого колеблется в пределах от 500 до 1300 м. По генезису Маднеульское месторождение относится к группе гидротермических месторождений.

Накопление большого количества тяжелых металлов в гидросфере и почве оказывает довольно вредное воздействие на биогидросферу региона, которое надо рассмотреть в разных аспектах.

В первую очередь, надо отметить прямое воздействие вредных веществ на растительный покров. Кроме этого, повышение концентрации тяжелых металлов в гидросфере и почве могут иметь серьезное влияние на микрофлору почвы, изменить ее состав и иметь отрицательное влияние на процессы самовосстановления почвы.

Почва является самой информационной частью ландшафта, т.к. она образуется в результате взаимодействия всех остальных элементов ландшафта. Поэтому на ней отображаются все те техногенные и природные процессы, которые имеют место в пределах данной системы.

Сельскохозяйственные угодья Болнисского района распространены в ущельях р. Машавера и р. Поладаури до устья р. Храми.

Здесь распространены переходящие к лугам и лесу почвы коричневого типа (Cinnamonic-Eutric Cambisols and Calcic Kastanozems, Cinnamonic Calcareous-Calcaric Cambisols and Calcic Kastanozems, WRB), характеризующиеся глубоким генетическим профилем, дифференцированным морфо-генетическим строением. По гранулометрическому содержанию данные почвы являются мелкопыльно-песчаными тяжелыми суглинками и легкими глинами, со средним и высоким содержанием гумуса. Почвы слабо обеспечены азотом и фосфором. Однако насыщены поглощенными основами. Реакция почв щелочная и сильно щелочная. РН колеблется в пределах 8-9.

### **Материалы и методы**

В основе полевых исследований три параметра:

1. Элементарная площадь участка, с которого должны быть отобраны почвенные образцы для установления ихзагрязнения тяжелыми металлами.

2. Количеств проб почв, необходимое для составления репрезентативного смешанного почвенного образца.

3. Выбор ключевого участка. Ключевой участок – это наименьшая геоморфологическая единица, которая точно отображает генезис, свойства почв, почвообразующие породы, рельеф, растительный покров, гидрологические условия места и др.

Почвенные образцы отобраны в основном на культурных площадях: на пахотных полях, виноградниках, фруктовых садах, а также на приусадебных участках некоторых сельских жителей.

С целью оценки загрязнения почвы приняты разные критерии и нормативы, из которых необходимо отметить коэффициент концентрации кларка, который рассчитывается по следующей формуле:  $K_k = C_f/K$ , где  $K_k$  – коэффициент концентрации кларка;  $C_f$  – фактическая концентрация химического элемента в почве;  $K$  – кларк химического элемента. Указанный критерий показывает, насколько высока или низка концентрация конкретного химического элемента по сравнению с кларком этого элемента.

Геоэкологическое состояние почв оценивают также коэффициентом концентрации загрязнения, который рассчитывается по следующей формуле:  $N_c = C_f/f$ , где  $N_c$  – коэффициент концентрации загрязнения;  $C_f$  – фактическая концентрация химического элемента,  $f$  – местное или общепризнанное фоновое содержание конкретного химического элемента, которое показывает, насколько повышена концентрация по сравнению с фоном.

Для оценки уровня загрязнения почвы также используют коэффициент опасности концентрации загрязнения  $S = C_f/ПДК$ , где  $S$  – коэффициент опасности концентрации загрязнения;  $C_f$  – фактическая концентрация химического элемента, ПДК – предельно допустимая концентрация.

Эти данные показывают, насколько фактическая концентрация химического элемента выше предельно допустимой концентрации этого элемента, чем больше 1 указанный коэффициент, тем выше загрязнение почвы и опасность негативного воздействия химического элемента на живые организмы.

Саэт (1983) для оценки загрязнения почв предлагает суммарный показатель загрязнения, который рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_c(n-1) = N_c(n-1),$$

где  $Z_c(n-1)$  – суммарный показатель загрязнения почвы;  $N_c$  – сумма коэффициентов концентрации определенных элементов (или коэффициентов концентрации загрязнения).  $N$  – количество определенных элементов в почве. Суммарный показатель коэффициентов концентрации составляет из тех элементов, коэффициент концентрации загрязнения которых  $(N_c) > 1$ , если  $Z_c(n-1) < 10$ , тогда почва слабо загрязнена, когда  $Z_c(n-1) = 10-25$ , – в этом случае почва считается средне загрязненной, а если  $Z_c(n-1) > 25$ , – почва сильно загрязнена.

В основе группирования почв по фактическим концентрациям суммарных форм токсичных химических элементов-загрязнителей лежит разработанное А. Виноградовым (1957) кларковое содержание элементов.

В этом случае по А. Виноградову, первая группа фон +1 кларк; вторая группа фон +2 кларк и т.д. При такой группировке почв уровень загрязнения почв характеризуется по следующим градациям:

- 1) слабо загрязненные;
- 2) умеренно загрязненные;
- 3) средне загрязненные;
- 4) выше среднего загрязненные;
- 5) сильно загрязненные;
- 6) очень сильно загрязненные.

## Результаты и дискуссии

Проведенные исследования охватили почвы Болнисского района, частично культурные растения и воды.

Р. Казретула течет под хвостохранилищем и насыщена элементами руды. По нашим данным, суммарные содержания меди, цинка, кадмия и сульфат-ионов в р. Казретула в несколько раз превышают ПДК, установленные для поверхностных вод. Из-за очень низкого РН воды эти металлы в основном находятся в растворимой форме и имеют большую миграционную способность. После слияния с р. Машавера имеет место десятикратное разбавление воды в р. Казретула. В то же время растет РН, помутнение воды, из-за этого металлы переходят во взвешенную состояние и мигрируют в этой форме. Несмотря на это, довольно высоким остается содержание в воде сульфат-ионов.

Содержание меди в исследованных нами почвах колеблется в очень больших пределах: от 40 мг/кг до 3125 мг/кг. Минимальные содержания 40–50 мг/кг отмечены в 17,9 % от общего числа образцов, 200 мг/кг и больше – в 18,3 %.

В таблицах 2 и 3 Приложения приведены результаты, сгруппированные по отдельности. Для каждого элемента показаны амплитуды содержания. Также указано количество образцов, отобранных на каждом участке, – n.

*Таблица 1 – Средние содержания тяжелых металлов в профиле почвы, мг/кг, в среднем*

Горизонт, см	Количество проб	Cu	Zn	Mn	Pb
0–20	20	155	116	967	21
20–40	20	71	104	960	21
40–60	20	55	95	955	23
60–80	17	47	90	1050	21
80–100	9	48	86	930	20

Почвы региона разнообразны как с точки зрения генезиса, так и формирования почвы. Разнообразие характера и интенсивности сельскохозяйственного производства также вызывает резкие различия в содержании элементов. Высокие содержания тяжелых металлов >200 мг/кг отмечены в почвах деревень Ратевани, Квешви, Абдало, Саванети и Каратикани. Эти площади в основном расположены на берегу р. Машавера, в непосредственной близости от русла. Надо отметить, что обогащенные металлами участки часто оказываются между руслом реки и железнодорожной линией. Естественно, что содержание меди в почвах виноградников намного выше, чем в пашнях. Также высоко содержание меди и в почвах фруктовых садов. Самое высокое содержание меди и цинка было отмечено на территориях, прилегающих к дер. Ратевани. Основная часть исследованных участков (150 га) расположена на правом берегу р. Машавера. Большую часть территории занимают виноградник и фруктовый сад, а приблизительно половина является посевами пшеницы. Больше половины указанной территории довольно серьезно загрязнена медью и цинком; 200–700 мг/кг, а 8–9 % может считаться загрязненной катастрофически. Необходимо отметить то обстоятельство, что указанные территории интенсивно орошаются водой р. Машавера. Можно сказать, что здесь имеет место резко выраженный техногенез. Это указывает на влияние ирригации водой, загрязненной Комбинатом. На остальной территории региона, где отмечены концентрации меди и цинка (500 мг/кг), загрязнение имеет пятнообразный характер.

Так что полностью однозначно можно сказать, что на данной территории имеется явно выраженный техногенез. Здесь друг на друга накладывается несколько факторов загрязнения, что усиливает техногенез.

Максимальная концентрация меди 875.0 мг/кг оказалась в раз. №9 – (Имирасани). Хотя в не меньшем количестве сконцентрирована в почвах раз. №9, 14, 69 (Пахрало). В этих же разрезах заметны также и высокие концентрации цинка в пределах 500–1600 мг/кг. Минимальное количество цинка 80 мг/кг, хотя в почвах часто встречаются концентрации цинка, которые в 2–5 раз выше фоновых.

Надо особо остановиться на марганце. Как известно, на него возложена особая физиологическая роль, и он играет значительную роль в течении геохимических процессов, как в почве, так и в растениях и воде. Максимальное содержание марганца находится в пределах 1125–1375 мг/кг. Коэффициенты концентрации загрязнения соответственно равны 5,6-6,8, а минимальная концентрация равна 875 мг/кг. Как известно, марганец является элементом базовых пород и аккумулируется в продуктах их истощения. Особенно в тяжелых суглинистых фракциях и меньше всего – в песчаных почвах. В исследуемом регионе его максимальное содержание связано с почвами, развитыми на корке истощения базальтовых пород (Кианети, Квеша 1400–1500 мг/кг, минимально в аллювиальных почвах, где преобладает фракция песка (Кв. Болниси, Ратевани – 600–900 мг/кг (табл. 2).

**Таблица 2 - Содержание марганца в почвах – дер. Саванети, Пахрало и Мамхути**

Раз. №	Глубина отбора образцов (см)	Фактическая концентрация (мг/кг)	Коэффициент концентрации загрязнения (Hc)
9	0–20	1125.0	6.6
	20–40	1000.0	5.0
10	0–20	1000.0	5.0
11	0–20	875.0	4.4
12	0–20	1000.0	5.0
13	0–20	1000.0	5.0
14	0–20	1000.0	4.4
	20–40	1000.0	5.0
15	0–20	1000.0	5.0
	20–40	1000.0	5.0
16	0–20	1000.0	5.0
63	0–20	1250.0	6.2
	20–40	1125.0	5.6
64	0–20	1375.0	6.8
	20–40	1125.0	5.6
65	0–20	1250.0	6.2
	20–40	1125.0	5.6
66	0–20	1125.0	5.6
67	0–20	1000.0	5.0
68	0–20	1000.0	5.0

По классификации И. Важенина (1987), слабо и умеренно загрязнены медью 70 га почвы, т.е. 61,3 % от общей площади исследованных почв, выше среднего загрязнены 17,3 % почвы, т.е. 20 га, а сильно и очень сильно загрязнены 21,2 %, т.е. 24 га.

**Таблица 3 – Содержание меди в почвах дер. Саванети, Пахрало и Мамхути**

Раз. №	Глубина отбора образцов (см)	Фактическая концентрация (мг/кг)	Коэффициент концентрации загрязнения (Hc)	Коэффициент опасности загрязнения (с)
9	0–20	1000.0	43.7	29.2
	20–40	125.0	6.3	4.2
10	0–20	65.0	3.3	2.2
11	0–20	115.0	5.8	3.8
12	0–20	40.0	2.0	1.3
13	0–20	60.0	3.0	2.0
14	0–20	190.0	9.5	6.3
	20–40	125.0	6.3	4.2
15	0–20	150.0	7.5	5.0
	20–40	125.0	6.3	4.2
16	0–20	65.0	3.3	2.2
63	0–20	265.0	13.2	8.8
	20–40	115.0	5.8	3.8
64	0–20	625.0	31.8	2.8
	20–40	155.0	7.7	5.2
65	0–20	70.0	3.5	2.3
	20–40	75.0	8.7	2.5
66	0–20	65.0	3.3	2.2
67	0–20	65.0	3.3	2.2
68	0–20	60.0	3.0	2.2

По данным фактической концентрации цинка почвы в основном слабо и умеренно загрязнены приблизительно 70 га, что составляет 61,3 % от исследованных почв. Выше среднего загрязнена почва на 20 га, 18,4%; сильно и очень сильно проявляется загрязнение на 24 га – 21,2 %.

Основные площади почв загрязнены марганцем средне и выше среднего – 93,0 га, 81,5 %, а довольно большие площади почв сильно загрязнены 21,0 га, 18,4 %.

По суммарному показателю коэффициента концентрации загрязнения верхнего слоя почвы 0–20 см слабо проявляется только на 19 га почв, по указанным данным почва в основном сильно загрязнена на 91,0 га, в 79,8 % исследованных почв. Сильно загрязнена довольно маленькая площадь почвы – 13,0 га, 11,4 %.

По коэффициентам концентрации загрязнения (Hc) слабо загрязненных почв, химические элементы расположены по следующему убывающему количеству  $Mn > Zn > Cu$ . В верхнем слое 0–20 см средне загрязненных почв, при условиях минимальных значений суммарных показателей концентрации загрязнения, по величинам коэффициентов концентрации элементы создают следующий убывающий ряд  $Mn > Zn > Cu$ , тот же самый убывающий ряд  $Zn(n-1)$  при максимальных значениях значительно изменен  $Cu > Zn > Mn$ .

В сильно загрязненных почвах при условиях минимальных и максимальных значений  $Zn(n-1)$  по коэффициентам концентрации химические элементы располагаются в отличающейся друг от друга последовательности, в первом случае этот убывающий ряд находится в следующей последовательности  $Cu > Mn > Zn$ , а при максимальных суммарных значениях коэффициентов концентрации загрязнения эта последовательность довольно изменена  $Cu > Zn > Mn$ ,

**Таблица 4 – Содержание цинка в почвах дер. Саванети, Пахрало и Мамхути**

Раз. №	Глубина отбора образцов (см)	Фактическая концентрация (мг/кг)	Коэффициент концентрации загрязнения (Нс)	Коэффициент опасности загрязнения (с)
9	0–20	500.0	10.0	26.0
	20–40	220.0	4.4	9.6
10	0–20	115.0	2.3	5.0
11	0–20	135.0	2.7	5.9
12	0–20	105.0	2.1	4.6
13	0–20	115.0	2.3	5.0
14	0–20	130.0	3.8	5.6
	20–40	165.0	8.8	7.2
15	0–20	220.0	4.4	9.6
	20–40	135.0	2.7	5.9
16	0–20	147.5	2.5	6.4
63	0–20	255.0	5.1	11.1
	20–40	115.0	2.3	5.0
64	0–20	250.0	5.0	10.9
	20–40	160.0	3.2	6.9
65	0–20	105.0	2.1	4.6
	20–40	110.0	2.2	4.8
66	0–20	150.0	8.0	6.5
67	0–20	160.0	8.2	6.9
68	0–20	125.0	2.5	5.4

В последние годы свойства почвы резко ухудшились. На поверхность почвы местами налипает беловато-зеленоватая пленка, которая не пропускает воду, понизилась пористость почвы, падает плодородность. По нашему мнению, здесь должно иметь место гипсование почвы. Как мы выяснили, в сточные воды Маднеульского Комбината с целью нейтрализации кислоты засыпают известняк и так запускают воду в коллектор. В этом случае образуется гипс, который несут речные воды, и этой же водой орошаются и сельскохозяйственные угодья. С течением времени гипс накапливается на поверхности почвы и налипает на нее в виде пленки, что со своей стороны, ухудшает аэрационную и фильтрационную способность почвы и соответственно вызывает резкое падение плодородности почвы.

На исследованной территории по суммарным показателям коэффициента концентрации загрязнения – это свойства средне загрязненных почв (раз. 15). По гранулометрическому составу почва тяжелый суглинок, плотность (удельный вес  $d$ ) твердой фазы почвы в профиле дифференцирован не по закономерности, в пахотном слое выше 3,53 г/см, на глубине уменьшается – 2,49–2,33 г/см. Объемная плотность ( $d_v$ ) оптимальных почв в пахотном слое составляет 0,90 г/см, а на глубине закономерно возрастает до 1,18 г/см. Как видно из аналитических данных, в нижних и последующих слоях пашни почва не затвердевшая, что весьма благоприятно и определяет положительные показатели остальных параметров. Общая пористость почв в пашне и нижнем слое пашни характеризуется наилучшими показателями и вообще, во всем профиле для развития растительности является удовлетворительной (возрастает от 45,3 % до 64,4 %). В этом случае в почве создаются желаемые для растения условия аэрации, формируются благоприятные гидрологические свойства, крупным и капиллярным формам почвы пре-

доставляется возможность задерживать большое количество влаги. Вышеуказанное подтверждается предельной полевой влагоемкостью почвы и большим количеством продуктивной влаги. Данные диапазона предельной полевой влагоемкости почвы и продуктивной влаги находятся в пределах 30,50–51,00 % и 19,3–32,7 %, что считается наилучшим для орошаемых почв.

Из-за низкой объемной плотности ( $d_v$ ) почвы и высокой общей пористости ( $P$ ), почвы характеризуются хорошей фильтрационной способностью, в сутки вода проходит 1,51 метра.

Удовлетворительными гидрофизическими свойствами отличаются также по суммарным показателям коэффициентов концентрации загрязнения  $Z_n(n-1)$  почвы, объединенные в средне загрязненную категорию – раз. 18. Почва – мелкопыльно-мелкопесчаный средний суглинок. Данные удельной массы ( $d$ ) почвы находятся в оптимальных пределах, составляют 2,51–2,60 г/см и закономерно распределены в профиле почвы.

Объемная масса ( $d_v$ ) почвы в профиле невысока, колеблется в пределах от 1,18 г/см до 1,28 г/см, которые являются довольно удовлетворительными величинами.

Данные предельной полевой влагоемкости в профиле почвы средние. Этот значительный гидрофизический компонент в пахотном слое почвы достигает 3,5–20 %. Сравнительно низкие данные диапазона продуктивного слоя – 16,9–25 %.

По фильтрационной способности вода в почве проходит 0,93 метра в сутки, что не так уж и плохо.

По данным гидрофизических показателей сильно загрязненных почв, во всем профиле почвы созданы неблагоприятные условия для нормального развития растения. По данным гранулометрического анализа, почва – мелкопыльно-илистая легкая глина, что указывает на ее довольно тяжелый состав.

Удельный вес ( $d$ ) почв во всем профиле неоптимальный, колеблется в пределах от 2,32 г/см до 2,47 г/см. А объемный вес почвы, начиная от верхнего слоя пашни, является высоким почти во всем профиле (в пахотном слое 1,20 г/см, на глубине возрастает до 1,35 г/см).

Вышесказанное указывает на значительное отвердевание почвы, из-за этого для растения формируются неблагоприятные гидрофизические условия.

Нежелательными являются и данные предельной влагоемкости почвы, которые колеблются в пределах 19,0–82,6 %. В почве очень низкое количество продуктивной влаги (6,0–20,6 %).

### **Заключение**

Логическим результатом определенных в почве неблагоприятных параметров значительных агрофизических свойств является резкое уменьшение фильтрационной способности. В указанной почве вода проходит только 0,46 метров в сутки, что создает в почве неоптимальные условия для растения.

Проведенное нами исследование дает нам возможность заключить, что на свойства почвы, ее состав и текущие в почве процессы почвообразования активное негативное воздействие оказывают загрязнители – тяжелые металлы – в этом случае в первую очередь медь, цинк и марганец. Особенно это выражается в уменьшении гидрофизического потенциала почвы. В определенной мере в почве нарушено равновесное взаимное соотношение между твердой, жидкой и газообразной фазами. Происходит резкое изменение свойств и количества компонен-

тов почвы, деградация почвы, расстройство жизненных функций сельскохозяйственных культур и резкое падение биопродуктивности. Наглядным подтверждением этого является взаимное сопоставление агрофизических параметров почв, слабо, средне и сильно загрязненных тяжелыми металлами.

В этом случае одним из значительных антропогенных факторов является орошение сельскохозяйственных угодий водой, обогащенной тяжелыми металлами, т.е. загрязненной водой для полива, в результате чего меняется РН почвы. При попадании на почву эти минералы поглощаются минералами глины, а карбонатная система почвы для них является барьером. Этим объясняется поверхностная аккумуляция металлов во время техногенеза.

Вторым и значительным фактором, который может вызвать повышение концентрации тяжелых металлов в почве, является сельскохозяйственное производство – конкретно увеличение концентрации меди – применение в виноградниках и фруктовых садах медного купороса и других медьсодержащих препаратов. Учитывать данный фактор необходимо в том случае, если эти почвы после виноградников будут использоваться по другому назначению.

А их перемещение в нижних горизонтах почв происходит в зависимости от конкретных условий (РН почвы, избыток атмосферных осадков, рельеф и др.).

В прямой связи с загрязнением почвы тяжелыми металлами находятся агрофизические свойства почвы. В сильно загрязненных почвах идут процессы цементирования, в результате резко возрастает объемная плотность почвы, падает общая пористость почвы, водопроницаемость почвы находится на критическом пределе.

Существуют разные методы мелиорации загрязненных тяжелыми металлами почв. В частности, механический, физико-механический, химический и другие методы. Эффективность каждого мелиоративного метода и его применимость зависит от климатических, биоклиматических, геоэкологических и почво-эдафических факторов (гранулометрический состав, структура почвы, состав гумуса, емкость поглощения, потенциал окисления и восстановления, РН почвы и др.)

### **Список литературы**

1. Narimanidze, E., Wichmann, L., Felix-Henningsen, P., Steffens, D., Schubert, S., Urushadze, T., Mishveladze, B. and Kalandadze, B. Bergbaubedingte Schwermetallbelastungen von Böden und Nutzpflanzen in einem Bewässerungsgebiet südlich von Tiflis/Georgien – Ausmaß und ökologische Bedeutung. // Abschlußbericht für den Projektzeitraum 2000 – 2003, 2003 Giessen, Discussion paper No. 21, Center for International Environment and Development Research. Felix-Henningsen, P., Urushadze, T.F., Narimannidze, E.I., Wichmann, L., Steffens, D., Kalandadze, B. Heavy metal pollution of soils and food crops due to mining wastes in an irrigation district south of Tbilisi, eastern Georgia. // Annales Agrar. Sci. 2007, 5(3), 11–27.

3. Hanauer, T., Jung, S., Kalandadze, B., Navrozashvili, L., Steffens, D., Shnell, S., Urushadze, T. und Felix-Henningsen, P. In-situ Fixierung von Cd, Cu und Zn in durch Bergbau belasteten Oberboden der region Bolnisi (Georgien). // 2007, Jarestagung DBG.

4. Hanauer T, Felix-Henningsen P, Steffens D, Kalandadze B, Navrozashvili L, Urushadze T. In situ stabilization of metals (Cu, Cd, Zn) in contaminated soils in the region of Bolnisi, Georgia, DOI 10.1007/s11104-010-0634-5, // Plant and Soil, 2007, 193–208

5. Kalandadze B., Hanauer T., Steffens D., Shnell S., Wichmann L., Narimanidze E., Navrozashvili L., Urushadze T., Felix-Henningsen P. EXPERIENCE OF THE REMEDIATION OF SOILS POLLUTED BY HEAVY METALS IN IRRIGATION DISTRICT IN SOUTHERN GEORGIA. // European confederation of Soil Science Societies (ECSSS), 2012, Bari, Italy.

6. Blume, H. P. (Ed.) Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und –belastung Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen, Landsberg/Lech // Ecomed, 2004 3rd ed. 80–120., 182–212

7. Kereselidze D.N., Machavariani L.G., Kalandadze B.B., Trapaidze V.Z. Allowable Soil Erosion Rates in Georgia // ISSN: 1064–2293, Eurasian Soil Science, 2013, Vol. 46, #3, 438-446

8. Бекер, А.А. Охрана и загрязнения природной среды / А.А. Бекер, Т.Б. Агаев. – Л.: Гидропромиздат, 1989.

9. Алеекеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – М. Агропромиздат, 1987.

10. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах / Под редакцией И. Г. Важенина. – М.: Колос, 1987.

11. Саэт, Ю.Е. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды / Ю.Е. Саэт, И.Л. Башаркевич, Б.А. Ревич. – М.: Изд. ИМГРЭ, 1982.

УДК. 556.5

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГЕОХИМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ И ИОННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ РЕК**

**Кирвель И.И., Кукшинов М.С.\***

Поморская академия, г.Слупск, Республика Польша, kirviel@yandex.ru

Научно-практический центр учреждения «Минское городское управление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск, Республика Беларусь, mikuk@yandex.ru\*

*The article deals with the problem of transformation of hydro chemical regime of rivers under influence of artificial reservoirs. The given results concern complex evaluation of influence of existing river reservoirs on mineralization and ionic structure of fluvial water. The researches have shown that in the downstream of the reservoirs levelling of seasonal distinctions in value of mineralization and the change of terms of extreme (minimal and maximal) values is marked.*

### **Введение**

Химический состав воды водохранилищ в значительной степени зависит от источников наполнения. Помимо стока водотоков и склонового стока, в наполнении водохранилищ участвуют грунтовые воды и атмосферные осадки. Под влиянием внутриводоемных процессов химический состав воды меняется, и в нижний бьеф сбрасывается вода с несколько трансформированными характеристиками. В этом и проявляется влияние искусственных водоемов на химический состав воды зарегулированных рек.