

М.В. Ушаков

ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ РОССЫПНОГО ЗОЛОТА НА МУТНОСТЬ ВОДЫ РЕКИ КОЛЫМЫ

Вопросы антропогенных изменений качества речной воды, количества переносимого ею веществ имеют большое научно-практическое значение. Исследовано влияние добычи россыпного золота на многолетние колебания мутности воды в р. Колыме. Метод исследования – совместный анализ многолетних колебаний значений мутностей и добычи россыпного золота. Аналитическая аппроксимация линий тренда проводилась методом наименьших квадратов с использованием компьютерного редактора Excel. Повышенный фон мутности отмечается в 1960–70 гг., что связано с интенсивной разработкой россыпных месторождений золота в бассейне Колымы. При повышении добычи металла в 1958–1970 гг. на 36%, средняя мутность за этот период увеличилась на 28%. С начала 1970-х гг. настал период снижения объемов добычи золота, уменьшение же мутностей началось в середине 1970-х. Такое запаздывание связано с тем, что нарушенные золотоносные поймы после их отработки все еще продолжают быть дополнительным источником поступления мелких частиц горных пород в реки. Но в течение нескольких лет поймы зарастают, и они перестают быть этим дополнительным источником. Повышение мутности в конце 1970-х гг. вызвано строительными работами по возведению насыпной плотины Колымской ГЭС. В 1980-х гг. тенденция на снижение мутности согласуется с уменьшением добычи россыпного золота. Средняя мутность за 1971–1998 гг. уменьшилась на 64% при снижении объемов добычи золота на 45%. Снижение объемов добычи золота и, как следствие уменьшение мутности воды в р. Колыме, должно благоприятно сказаться на речную экосистему.

Ключевые слова: мутность воды, взвешенные наносы, добыча золота, речной сток.

Введение

Вопросы антропогенных изменений качества речной воды, количества переносимого ею веществ имеют большое научно-практическое значение.

Предметом исследования является среднегодовая мутность воды в р. Колыме. Мутность или сток взвешенных наносов рек – один из определяющих факторов русловых процессов.

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 9. С. 316–325.
© 2016. М.В. Ушаков.

Вместе с тем русловые процессы как совокупность явлений, возникающих при взаимодействии речного потока и русла, обуславливают вследствие размывов берегов и дна поступление в поток наносов и, таким образом, сами представляют собой фактор формирования стока наносов [18, 23]. Режим мутности воды формируется не только под воздействием естественных физико-географических факторов (климат, водный режим, расчлененность рельефа, геологическое строение, гидрогеологические и геокриологические условия, почвенный и растительный покров), но и под влиянием антропогенной деятельности [7, 8, 24]. Сток наносов оказывает значительное влияние на водные экосистемы, как на суше, так и в приустьевых участках морей [15].

Река Колыма расположена на Северо-Востоке России (рис. 1) в зоне холодного климата и сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов [10, 19]. Как правило, мерзлота отсутствует в пределах русел, а зачастую и поймах рек с гравийно-галечным аллювием. Активная фильтрация в галечный аллювий при незначительных объемах заполнителя обеспечивает высокую теплоотдачу речных вод в грунты, оказывая на них тепляющее воздействие и препятствуя промерзанию [12]. В течение года динамика процессов промерзания и оттаивания поверхности водосборов влияет на условия формирования и режим мутности рек криолитозоны [25–28].

Формированию стока взвешенных наносов р. Колымы посвящено не так много работ [17, 19, 20, 21] и в них не прорабатывался вопрос влияния золотодобывающей промышленности на мутность рек. В данной работе ставится цель исследовать влияние добычи россыпного золота на многолетние колебания мутности воды в р. Колыме. В связи с этим встает задача провести совместный анализ динамики среднегодовой мутности и золотодобычи в речном бассейне.



Рис. 1. Схема расположения р. Колымы по [5]: 1 — район наибольшей концентрации местоорождений россыпного золота; 2 — гидрологический пост р. Колыма у г. Среднеколымска

Условия формирования стока взвешенных наносов

Подробное физико-географическое описание бассейна р. Колымы исследуемого района можно найти в [13, 17]. Сток взвешенных наносов здесь в значительной мере зависит от суровых климатических условий. Резкие колебания температуры воздуха подготавливают породы, слагающие поверхность водосборов, к морозному выветриванию. Весной, во время снеготаяния, вода смывает продукты склоновой эрозии с поверхности водосбора; развитие глубинной эрозии ограничено из-за наличия многолетней мерзлоты, препятствующей смыву. В летний период, во время дождевых паводков, происходит в основном поверхностный смыв; развитию глубинной эрозии в это время препятствует густое сплетение корневой системы растений, сосредоточенной в условиях многолетней мерзлоты в самом верхнем слое почвы [17]. На реках развита боковая и глубинная русловая эрозия, так как русла рек подвижные, сложены песком, галечником различной крупности, иногда с включением валунов. Полное промерзание рек в зимний период создает условия для активной русловой эрозии в период оттаивания русла. На малых и средних реках верхнего и среднего течения р. Колымы процессы эрозии усиливаются за счет горных работ. Долины этих рек подверглись значительным техногенным преобразованиям, что вызвало широкомасштабные изменения природной среды при отработке россыпных месторождений золота открытым способом [3, 5]. В теплый сезон года (май-сентябрь) проходит 96–100% стока наносов. В октябре сток наносов резко уменьшается, и в зимний период он приобретает ничтожно малые значения, а на промерзающих реках он и вовсе прекращается. Наибольшие средние месячные расходы наносов приходятся на июнь, июль, иногда на май или август. В период открытого русла наименьшие расходы наносов чаще всего наблюдаются в сентябре, в отдельные годы в июле или августе, что зависит от сроков наступления минимальных расходов воды.

Изменение мутности происходит в основном синхронно с изменением водности р. Колымы. Однако зачастую во время весеннего половодья максимум мутности на 1–3 дня опережает максимум расхода воды, при прохождении же дождевых паводков максимумы мутности и расхода воды наблюдаются одновременно. Характер изменения крупности наносов в течении года зависит от колебаний водности, но недостаточное освещение измерениями гидрологических фаз не позволяет рассмотреть этот вопрос детально [17]. Можно лишь сказать, что диаметр

взвешенных частиц в период половодья и дождевых паводков может достигать 0,2–0,5 мм, весовая доля частиц с диаметром менее 0,01 мм составляет 50–90% [14].

Создание Колымского водохранилища привело к существенному изменению гидрологического режима р. Колымы [18]: изменилось внутrigодовое распределение стока, максимальные уровни воды ощутимо понизились, даты начала ледостава сдвинулись в сторону поздних на 5–11 дней. Такие изменения гидрологического режима р. Колымы могут оказать негативное влияние на пойменный биоценоз и в первую очередь на фитоценоз, поскольку уменьшились ежегодно затопляемые площади.

Основными источниками загрязнения рек Колымского бассейна являются предприятия золотодобывающей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. Характерными загрязняющими веществами вод большинства рек рассматриваемого района являются нефтепродукты, взвешенные вещества, фенолы, соединения железа, меди, свинца, марганца [4, 6, 12]. Случаи высокого и экстремально высокого загрязнения отмечаются ежегодно, в основном, воды рек подверженных влиянию хозяйственной деятельности характеризуются как умеренно загрязненные и загрязненные [12].

Исходные данные и методы исследования

Исходными данными послужили ряды средних годовых значений объема стока и мутности воды на двух гидрологических постах (табл. 1), которые опубликованы в [14] и ежегодниках Государственного водного кадастра «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши», издаваемых Колымским управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. К сожалению, с 1999 г. из-за сокращения программы гидрологических наблюдений данные о среднегодовых мутностях отсутствуют.

Таблица 1
Сведения о гидрологических постах

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Расстояние от устья, км	Годы с данными о годовой мутности воды
р. Колыма – п. Усть-Среднекан	99 400	1623	1941–1991, 1993–1998
р. Колыма – г. Среднеколымск	361 000	641	1966–1972, 1975–1984, 1986–1994, 1996

Пропуски в наблюдениях за мутностями в створе р. Колыма – г. Среднеколымск были восстановлены по известной формуле [16]

$$M_i = M + \frac{(am_i + b - M)}{r},$$

где M_i – средняя мутность воды в р. Колыме у г. Среднеколымска в год i ; M – среднемноголетняя мутность воды в р. Колыме у г. Среднеколымска; m_i – средняя мутность воды в р. Колыме у п. Усть-Среднекана в год i ; a и b – параметры уравнения регрессии связи M_i и m_i ; $r = 0,77$ – коэффициент корреляции между M_i и m_i .

Сведения об объемах добычи россыпного золота в бассейне р. Колымы взяты в монографии [1].

Методом исследования является анализ многолетних колебаний значений мутностей и добычи россыпного золота в бассейне р. Колымы (рис. 2). Аналитическая аппроксимация линий тренда проводилась методом наименьших квадратов с использованием компьютерного редактора Excel.

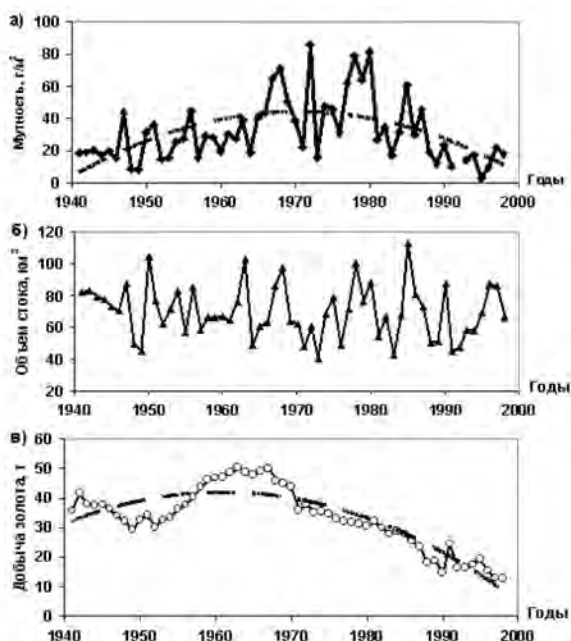


Рис. 2. Многолетняя динамика среднегодовой мутности воды (а), объема годового стока воды (б) р. Колымы у г. Среднеколымска и добычи россыпного золота в бассейне р. Колымы (в). Пунктиром проведены линии тренда

Обсуждение результатов

Ряды добычи россыпного золота в бассейне р. Колымы и среднегодовой мутности воды в р. Колыме у г. Среднеколымска имеют статистически значимые параболические тренды. Вместе с тем, как отмечалось в [11, 22] тренд в годовом стоке р. Колымы отсутствует (см. рис. 2, б). Повышенный фон мутности отмечается в 60–70 гг. XX в., что связано с интенсивной разработкой россыпных месторождений золота в бассейнах этих рек (табл. 2, см. рис. 2, а, б). При повышении добычи россыпного золота в 1958–1970 гг. на 36%, средняя мутность за этот период увеличилась на 28%.

Воздействие добычи россыпных месторождений золота на реки выражается тем, что, во-первых, идет глубокая механическая переработка аллювиальных пойменных и русловых отложений с использованием тяжелой землеройной техники, драг, приводящая к существенному изменению ландшафта и режиму стока взвешенных и влекомых наносов, во-вторых, идет неизбежное загрязнение рек.

С начала 1970-х гг. настал период снижения объемов добычи россыпного золота, уменьшение же мутностей началось в середине 1970-х. Такое запаздывание связано с тем, что нарушенные золотоносные поймы после их отработки все еще продолжают быть дополнительным источником поступления мелких частиц горных пород в речной поток. Но в течение нескольких лет поймы зарастают [5], и они перестают быть этим дополнительным источником.

Повышение мутности в конце 1970-х гг. вызвано строительными работами по возведению насыпной плотины Колымской ГЭС. В 1980-х гг. тенденция на снижение мутности согласуется с уменьшением добычи россыпного золота. К тому же с 1980-х гг. началась частичная аккумуляция взвешенных наносов в Колымском водохранилище [18]. Средняя мутность за

Таблица 2

Добыча россыпного золота и мутность воды в р. Колыме у г. Среднеколымска

Период, годы	Средняя добыча золота за период, т/год	Средняя мутность за период, г/м ³
1941–1957	34,4	55,0
1958–1970	46,7	70,5
1971–1998	25,7	25,7

1971–1998 гг. уменьшилась на 64% при снижении объемов добычи золота на 45% (см. табл. 2).

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что добыча россыпного золота в бассейне р. Колымы существенно сказывается на мутности воды. Имеется прямая связь мутности воды с объемами золотодобычи. При повышении добычи россыпного золота в 1958–1970 гг. на 36% по сравнению с 1941–1957 гг., средняя мутность за этот период увеличилась на 28%. Средняя мутность за 1971–1998 гг. уменьшилась на 64% при снижении объемов добычи золота на 45%.

Снижение мутности на несколько лет запаздывает по сравнению с началом уменьшения добычи металла, так как нарушенные золотоносные поймы после их отработки все еще продолжают быть дополнительным источником взвесей в реках.

Таким образом, сток взвешенных наносов р. Колымы сильно зависит от работы золотодобывающей промышленности. Снижение объемов добычи золота и, как следствие уменьшение мутности воды в р. Колыме, должно благоприятно сказаться на речную экосистему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гальцева Н. В.* Предпосылки и перспективы реструктуризации экономики Магаданской области / Отв. ред. Н. А. Горячев. — М.: Ком-Книга, 2009. — 320 с.
2. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / Под ред. Э. Д. Ершова. — М.: Недра, 1989. — 515 с.
3. *Глотов В. Е., Глотова Л. П.* Изменения ресурсов пресных природных вод в горных районах криолитозоны при глобальном потеплении климата (на примере Северо-Востока России) // Известия СамНЦ РАН. — 2011. — Т. 13 (39). — № 1 (6). — С. 1408–1412.
4. *Глотов В. Е., Глотова Л. П.* Естественные и техногенные изменения химического состава природных вод бассейна Верхней Колымы // Вода: химия и экология. — 2013. — № 8. — С. 16–22.
5. *Глотов В. Е., Глотова Л. П.* Техногенные и посттехногенные мерзлотно-гидрогеологические изменения в бассейне Верхней Колымы // Известия СамНЦ РАН. — 2014. — Т. 16. — № 1 (4). — С. 1080–1083.
6. *Глотова Л. П.* Техногенные изменения природной среды в районе Наталкинского золоторудного месторождения // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2011. — № 1. — С. 10–19.
7. *Давыдов Л. К., Дмитриева А. А., Конкина Н. Г.* Общая гидрология. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 463 с.
8. *Дедков А. П., Мозжерин В. И.* Глобальный сток наносов в Океан: природная и антропогенная составляющие // Эрозионные и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ. 2000. Вып. 3. — С. 15–23.

9. Использование и охрана водных ресурсов Магаданской области в 2002 г. // Новая Колыма. — 2003. — № 1. — С. 11–13.

10. *Калабин А. И.* Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР // Труды ВНИИ-1. Т. 18. — Магадан, 1960. — 469 с.

11. *Лобанов С. А., Ушаков М. В.* Ресурсы речных вод Магаданской области и их многолетняя изменчивость // География и природные ресурсы. — 2008. — № 3. — С. 86–89.

12. *Михайлов В. М.* Развитие пойменных таликов в долине р. Колыма и температура речных вод // Геоэкология. — 1998. — № 6. — С. 100–110.

13. *Михайлов В. М.* Пойменные талики Северо-Востока России. — Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. — 244 с.

14. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. I, вып. 17. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 429 с.

15. *Новиков Ю. В., Сайфутдинов М. М.* Вода и жизнь на Земле. — М.: Наука, 1981. — 184 с.

16. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 448 с.

17. *Ресурсы поверхностных вод СССР.* Т. 19. Северо-Восток. — Л.: Гидрометеиздат, 1969. — 282 с.

18. *Ржанецын Н. А.* Руслоформирующие процессы рек. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 263 с.

19. *Север Дальнего Востока /* Под ред. Н. А. Шило. — М.: Наука, 1970. — 487 с.

20. *Тананаев Н. И.* Сток наносов и русловые процессы на реках криолитозоны. Дис. ... канд. геогр. наук. — М.: МГУ, 2007. — 191 с.

21. *Тананаев Н. И., Анисимова Л. А.* Оценка годового стока влекомых наносов рек севера Сибири и Дальнего Востока // География и природные ресурсы. — 2013. — № 1. — С. 148–156.

22. *Ушаков М. В.* Влияние Колымской ГЭС и климатических изменений на гидрологический режим р. Колыма // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2013. — № 2. — С. 20–24.

23. *Чалов Р. С.* Сток наносов, транспортирующая способность потоков и их роль в формировании речных русел // География и природные ресурсы. — 2011. — № 3. — С. 20–27.

24. *Betrie G. D., Mohamed Y. A., A van Griensven, Srinivasan R.* Sediment management Modelling in the Blue Nile Basin Using SWAT Model, Hydrology and Earth System Sciences, Vol. 15, No. 3, 2011, pp. 807–818.

25. *Costard F., Dupeyrat L., Carey-Gailhardis E. and Gautier E.* Fluvial thermal erosion investigations along the rapidly eroding riverbank. Application to Lena River (Central Siberia) // Earth Surface Processes and Landforms. 2003. Vol. 28. pp. 1349–1359

26. *Kazuhiya A. Chikita, Tomoyuki Wada, Isao Kudo, Yongwon Kim.* The Intra-Annual Variability of Discharge, Sediment Load and Chemical Flux from the Monitoring: The Yukon River, Alaska / Journal of Water Resource and Protection, 2012, No 4, pp.173–179.

27. *Tananaev N. I.* Estimating sediment flow from unexplored watersheds of North-Eastern Russia // Abstracts Volume of the 3rd SEDIFLUX (Sedimentary Source-to-Sink-Fluxes in Cold Environments) Science Meeting, Durham, UK, 2005. P. 29.

28. Wada T., Chikita K. A., Kim Y. and Kudo I. Glacial effects on discharge and sediment load in the Subarctic Tanana River basin, Alaska. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, Vol. 43, No. 4, 2011, pp. 632–648. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Ушаков Михаил Вилорьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, e-mail: mvilorich@narod.ru, Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н.А. Шило Дальневосточного отделения РАН.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 9, pp. 316–325.

UDC
504.05+556

M.V. Ushakov

INFLUENCE EXTRACTION OF ALLUVIAL GOLD ON TURBIDITY KOLYMA RIVER

Questions anthropogenic changes in river water quality, the number of the transported substances are of great scientific and practical importance. Purpose – to explore the impact of extraction of alluvial gold on the long-term fluctuations in the turbidity of the water in the Kolyma river. Method of research – a joint analysis of long-term fluctuations, and the value of water turbidity and gold mining. Analytical approximation of trend lines held by least squares method using computer editor Excel. Elevated background turbidity is noted in 60–70 years of the twentieth century, due to the intensive development of gold deposits in the Kolyma basin. An increase in production of the metal in the years 1958–1970 by 36%, the average turbidity for the period increased by 28%. Since the beginning of the 70s came a period of decline in gold production, a decrease in the turbidity began in the mid-70s. This delay is due to the fact that the broken gold-floodplain after mining still continues to be an additional source of fine particles of rocks in the river. But for several years the floodplain are overgrown, and they cease to be an additional source of this. Increased turbidity in the late 70s due to construction work on the dam is the Kolyma hydroelectric power. In the 80 years the trend to reduce the turbidity is consistent with a decrease in gold mining. The average turbidity for the years 1971–1998 decreased by 64% while reducing the volume of gold production by 45%. The decline in gold production and the consequent reduction in water turbidity in the Kolyma river, should favorably affect the river ecosystem.

Key words: turbidity of the water, suspended sediments, gold mining, river discharge.

AUTHOR

Ushakov M.V., Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, e-mail: mvilorich@narod.ru, North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute named after N. A. Shilo, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, 685000, Magadan, Russia.

REFERENCES

1. Gal'tseva N.V. *Predposylki i perspektivy restrukturalizatsii ekonomiki Magadanskoj oblasti*. Otv. red. N. A. Goryachev (Prerequisites and prospects for economic restructuring of the Magadan region, Goryachev N. A.), Moscow, KomKniga, 2009, 320 p.
2. *Geokriologiya SSSR. Vostochnaya Sibir' i Dal'niy Vostok*. Pod red. E. D. Ershova (Geocryology of the USSR. Eastern Siberia and the Far East, Ershov E. D. (ed.)), Moscow, Nedra, 1989, 515 p.

3. Glotov V. E., Glotova L. P. *Izvestiya SamNTs RAN*. 2011, vol. 13 (39), no 1 (6), pp. 1408–1412.
4. Glotov V. E., Glotova L. P. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2013, no 8, pp. 16–22.
5. Glotov V. E., Glotova L. P. *Izvestiya SamNTs RAN*. 2014, vol. 16, no 1 (4), pp. 1080–1083.
6. Glotova L. P. *Vestnik SVNTs DVO RAN*. 2011, no 1, pp. 10–19.
7. Davydov L. K., Dmitrieva A. A., Konkina N. G. *Obshchaya gidrologiya* (Common hydrology), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1973, 463 p.
8. Dedkov A. P., Mozzherin V. I. *Eroziionnye i ruslovye protsessy* vyp. 3 (Erosion and channel processes, issue 3), Moscow, Izd-vo MGU, 2000, pp. 15–23.
9. Ispol'zovanie i okhrana vodnykh resursov Magadanskoy oblasti v 2002 g. *Novaya Kolyma*. 2003, no 1, pp. 11–13.
10. Kalabin A. I. Vechnaya merzlota i gidrogeologiya Severo-Vostoka SSSR. *Trudy VNII-1*. T. 18 (Permafrost and hydrogeology of North-Eastern USSR. Scientific works of VNII-1. Vol. 18), Magadan, 1960, 469 p.
11. Lobanov S. A., Ushakov M. V. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2008, no 3, pp. 86–89.
12. Mikhaylov V. M. *Geoekologiya*. 1998, no 6, pp. 100–110.
13. Mikhaylov V. M. *Poymennye taliki Severo-Vostoka Rossii* (Taliks floodplain of North-Eastern Russia), Novosibirsk, Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2013, 244 p.
14. *Mnogoletnie dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushy*. T. I, vyp. 17 (Long-term data about regime and resources of surface land waters. Vol. I, ser. 17), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1985, 429 p.
15. Novikov Yu. V., Sayfutdinov M. M. *Voda i zhizn' na Zemle* (Water and Life on Earth), Moscow, Nauka, 1981, 184 p.
16. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* (Guidance on determining calculated hydrological characteristics), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1984, 448 p.
17. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR*. T. 19. Severo-Vostok (Resources of surface land waters of USSR. Vol. 19. North-East), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1969, 282 p.
18. Rzhantsyn N. A. *Rusloformiruyushchie protsessy rek* (River channel processes), Leningrad, Gidrometeoizdat, 1985, 263 p.
19. *Sever Dal'nego Vostoka*. Pod red. N. A. Shilo (North of Far East. Shilo N. A. (Ed.)), Moscow, Nauka, 1970, 487 p.
20. Tananaev N. I. *Stok nanosov i ruslovye protsessy na rekakh kriolitozony* (Flow sediments and channel processes in rivers in Permafrost), Candidate's thesis, Moscow, MGU, 2007, 191 p.
21. Tananaev N. I., Anisimova L. A. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2013, no 1, pp. 148–156.
22. Ushakov M. V. *Vestnik SVNTs DVO RAN*. 2013, no 2, pp. 20–24.
23. Chalov R. S. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2011, no 3, pp. 20–27.
24. Betrie G. D., Mohamed Y. A., A van Griensven, Srinivasan R. Sediment management Modelling in the Blue Nile Basin Using SWAT Model, *Hydrology and Earth System Sciences*, Vol. 15, No. 3, 2011, pp. 807–818.
25. Costard F., Dupeyrat L., Carey-Gailhardis E. and Gautier E. Fluvial thermal erosion investigations along the rapidly eroding riverbank. Application to Lena River (Central Siberia). *Earth Surface Processes and Landforms*. 2003. Vol. 28. pp. 1349–1359
26. Kazuhisa A., Chikita, Tomoyuki Wada, Isao Kudo, Yongwon Kim. The Intra-Annual Variability of Discharge, Sediment Load and Chemical Flux from the Monitoring: The Yukon River, Alaska. *Journal of Water Resource and Protection*, 2012, No 4, pp.173–179.
27. Tananaev N. I. Estimating sediment flow from unexplored watersheds of North-Eastern Russia. *Abstracts Volume of the 3rd SEDIFLUX (Sedimentary Source-to-Sink-Fluxes in Cold Environments) Science Meeting*, Durham, UK, 2005. P. 29.
28. Wada T., Chikita K. A., Kim Y. and Kudo I. Glacial effects on discharge and sediment load in the Subarctic Tanana River basin, Alaska. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, Vol. 43, No. 4, 2011, pp. 632–648.