

3. Gringof I.G., Pavlova V.N. Osnovy sel'skohozyajstvennoj meteorologii. Tom III. Chast I. Osnovy agroklimatologii. Chast 2. Vliyanie izmenenij klimata na ekosistemy, agrosferu i sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo. – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTSD», 2013. – 384 s.

4. Ignatenko D.N., Putyrsky V.E. Izuchenie agroklimaticheskikh uslovij Arhangel'skoj oblasti RF v tselyah optimizatsii proizvodstva kartofelya (na primere Holmogorskogo rajona). // Prirodoobustrojstvo. – 2017. – № 3. – S. 55-60.

The material was received at the editorial office  
26.10.2017

#### Information about the authors

**Ignatenko Dina Nikolaevna**, post graduate student FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev, head of the department of agro meteorological prognosis – FSBI «Severnoe UGMS»; 163020, Arkhangel'sk, ul. Mayakovskogo, d. 2; e-mail: isteris@mail.ru

**Putyrsky Vladimir Yevgenjevich**, doctor of geographical sciences, professor of the chair «Meteorology and climatology» FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev: 127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49; tel. 8(903)1045701; e-mail: putyrsky1@yandex.ru

УДК 502/504:556.388:628.394

DOI 10.26897/1997-6011/2018-2-15-22

#### Н.П. КАРПЕНКО

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

## ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ НА ОСНОВЕ АТРИБУТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОБОБЩЕННЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

*Главной темой исследований являются водосборные бассейны малых рек, которые в последние годы являются объектами пристального внимания из-за высокой степени их трансформации, связанной с высокими антропогенными нагрузками. Цель исследований заключается в разработке методики оценки геоэкологической ситуации бассейнов малых рек, которые существенно реагируют на любые антропогенные воздействия в пределах водосбора: вырубку леса, распашку земель, проведение осушительных и оросительных мелиораций, сброс сточных вод и т.д. Кроме того, бассейны малых рек подвергаются процессам загрязнения, которое приводит к ухудшению их геоэкологического состояния. В работе исследована пространственная структура водного баланса водосборного бассейна и установлены основные его составляющие. В качестве интегральной оценки экологической трансформации водосборных бассейнов в результате антропогенной деятельности предложена зависимость, учитывающая изменение соотношения поверхностного и подземного стока. Научная новизна исследований заключается в разработке методики оценки геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе матрицы атрибутивных показателей, позволяющей с учетом обобщенных геоэкологических рисков и балльных оценок выделить категории земель с различной геоэкологической ситуацией. Для водосбора р. Медвенки с использованием ГИС-технологий исследована пространственная структура водного баланса и установлены основные закономерности формирования гидролого-гидрогеологических процессов.*

*Речные бассейны, водосборы малых рек, водный баланс, поверхностные и подземные воды, трансформация водосборных бассейнов, атрибутивные показатели, обобщенный геоэкологический риск, геоэкологическая ситуация.*

**Введение.** В последние годы большое внимание уделяется экологическим проблемам водосборов малых рек, которые существенно трансформируются в результате техногенного воздействия на природную среду. В силу своей природной уязвимости

они в первую очередь реагируют на различные виды природообустройства: вырубку леса, распашку, осушение, орошение и т.д. Кроме того, малые реки обладают более низкой способностью к самоочищению, быстрее подвергаются загрязнению, в результате

чего ухудшается их экологическое состояние. В Московской области в настоящее время насчитывается 4312 рек, из которых все, кроме Москвы, относятся к малым рекам, длина которых колеблется от нескольких сотен метров до 100 км. Оценка степени трансформации водосборов, принципы и методы оценки геоэкологической ситуации имеют большое значение в выборе стратегии по дальнейшему природопользованию бассейнов.

**Цель исследований.** Цель исследований заключается в разработке методики оценки геоэкологической ситуации бассейнов малых рек, которые в силу своей природной уязвимости в первую очередь реагируют на различные виды антропогенных воздействий. Поэтому оценка геоэкологической ситуации на рассматриваемых водосборах является одним из приоритетных направлений исследований.

**Материал и методы.** Пространственная структура водосборного бассейна весьма неоднородна как в плане, так и в разрезе. Исследования показали, что множество поверхностных водотоков на водосборной поверхности и ряд водоносных горизонтов до регионального водоупора сложным образом взаимодействуют как между собой, так и с поверхностными водами. Основными модулями, которые входят в структуру водного баланса, являются: атмосферные осадки, испарение, склоновый сток, русловой сток, поток влаги в ненасыщенной зоне и подземный сток. Для типичных водосборов изучение всех форм прихода и расхода воды может учитываться в региональном водном балансе, который имеет следующий вид [1]:

$$A = U_{\text{скл}} + U_{\text{русл}} + U_{\text{подз}} + E, \quad (1)$$

где:  $A$  – атмосферные осадки, мм;  $U_{\text{скл}}$  – склоновый сток, мм;  $U_{\text{русл}}$  – русловой сток, мм;  $U_{\text{подз}}$  – подземный сток, мм;  $E$  – суммарное испарение, мм.

Водный баланс для поверхностных вод и зоны аэрации представляется в виде:

$$\Delta A = Q_{\text{влаг.з.а.}} + C_{\text{нов.}} + C_{\text{лат.}} + C_{\text{русл}} + E, \quad (2)$$

где:  $Q_{\text{влаг.з.а.}}$  – влагоперенос в зоне аэрации, мм;  $C_{\text{нов.}}$  – поверхностный сток, мм;  $C_{\text{лат.}}$  – латеральный сток, мм;  $C_{\text{русл}}$  – русловой сток, мм;  $E$  – испарение и транспирация растений, мм.

Модель речного бассейна водосбора имеет определенную цель, которая предназначена для прогноза последствий реализации различных планов водо- и землеполь-

зования, а также является основой оценки геоэкологической ситуации для принятия решений по устранению и смягчению негативных последствий.

Формирование подземного и поверхностного стока в речных бассейнах происходит в результате комплексного взаимодействия разнообразных природных и искусственных факторов, поэтому важной задачей является выявить ведущие факторы формирования водных ресурсов, оценить их роль при различных сценариях антропогенного воздействия и определить степень трансформации поверхностного и подземного стока.

Для описания процессов гидролого-гидрогеологического цикла традиционно используют балансовые, аналитические, балльные методы, а также моделирование и ГИС-технологии, которые позволяют оценить степень трансформации водосборов. Количественная оценка трансформации поверхностного и подземного стока необходима в дальнейшем для решения важных геоэкологических проблем, прогноза изменения водных ресурсов, загрязнения поверхностных и подземных вод в границах водосбора и т.п.

Критериальные экологические ограничения по изучению гидролого-гидрогеологических процессов на водосборе должны накладываться на основные составляющие водного баланса: величину склонового стока, инфильтрационного питания, руслового стока и т.д. В качестве интегральной оценки экологической трансформации ландшафтов в результате антропогенной деятельности на водосборном бассейне может служить функционал следующего вида [2]:

$$F_{\alpha} = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha \left( 1 - \frac{Q_{in}}{Q_{ie}} \right), \quad (3)$$

где:  $\alpha_i$  – экологическая значимость  $i$ -тых составляющих водного баланса (инфильтрационного питания, испарения, склонового стока, руслового стока, водоотбора, изменения климата и т.д.);  $Q_{in}$  и  $Q_{ie}$  – соответствующие величины перечисленных выше  $i$ -тых составляющих водного баланса в естественных и нарушенных условиях.

Численные критериальные значения величин трансформации составляющих водного баланса существенным образом зависят от климатических, морфогенетических, морфометрических характеристик и литогенной основы водосборного бассейна, отнесенных к среднемноголетним значениям

каждой составляющей водного баланса в условиях конкретного водосбора.

Для комплексной оценки геоэкологической ситуации на малых водосборах может быть предложен метод балльной оценки геоэкологической ситуации, который базируется на следующих атрибутивных показателях: назначение реки; средняя плотность населения; лесистость территории; коэффициент густоты речной сети; характер рельефа; коэффициент хозяйственного использования земель; назначение земель; степень нарушенности земель; расстояние от источника загрязнения; объем сброса загрязненных вод. Комплексная оценка геоэкологической ситуации в речных бассейнах, базирующаяся на системе атрибутивных показателей, позволяет производить районирование в пределах водосборного бассейна.

Матрица базовых атрибутивных показателей, их градации и балльность представлена в таблице 1.

В методике оценки геоэкологической ситуации на водосборах, помимо атрибутивных показателей, предлагается использовать геоэкологические риски. Понятие риска используется в ряде Федеральных законов Российской Федерации, и одним из примеров может служить Федеральный закон «О техническом регулировании» [3].

Этот подход применяется в целях защиты и охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений и основан на оценке различных видов безопасности по критерию риска. В соответствии с этим законом, риск – это вероятность причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда; при этом оценка риска подразумевает присвоение ему определенного значения. Геоэкологический риск определяется как вероятность возникновения негативных последствий, вызываемых развитием природно-антропогенных процессов, приводящих к экологическим ущербам [4]:

$$R_e = \sum_{i=1}^n P_i k_i \cdot \sum_{j=1}^m U_j k_j, \quad (4)$$

где:  $R_e$  – геоэкологический риск;  $P$  – вероятности возникновения негативных последствий и их ущербов ( $U$ );  $k$  – вес фактора (весовой коэффициент);  $i, j$  – количество факторов.

Расчет покомпонентного геоэкологического риска следует проводить для каждого

природно-антропогенного процесса по зависимости:

$$R_i = N_{ij}(\sum k_{ij}) : N_j(\sum k_j), \quad (5)$$

где:  $R_i$  – покомпонентный риск;  $i$  – индекс природно-антропогенного процесса;  $j$  – индекс последствия воздействия негативного процесса;  $N_{ij}$  и  $N_j$  – количество возможных видов последствий антропогенного соответственно  $i$ -го процесса на территории водосбора и всей совокупности возможных последствий;  $k_j$  и  $k_{ij}$  – коэффициенты значимости соответственно всех возможных  $j$  – последствий  $i$  – процесса.

После вычисления покомпонентного риска развития каждого процесса определяется обобщенный геоэкологический риск:

$$R_o = \sum_i^J P_i k_i, \quad (6)$$

где:  $R_o$  – обобщенный геоэкологический риск;  $P_{io}$  – вероятность проявления  $i$  – процесса;  $k_{io}$  – весовой коэффициент, указывающий на степень значимости  $i$  – процесса в пределах водосбора.

Обобщенный геоэкологический риск может характеризоваться следующими нормативными показателями [5]:

- пренебрежимый геоэкологический риск – это минимальный уровень приемлемого риска, который находится на уровне флуктуаций фонового риска и определяется как 1% от предельно допустимого геоэкологического риска; он не требует никаких дополнительных мероприятий по его снижению;

- приемлемый геоэкологический риск – это риск, уровень которого оправдан с точки зрения экологических, экономических, социальных и других проблем. Такой риск является подтвержденной гарантией защищенности благоприятной природной среды, здоровья населения и материального имущества. В некоторых случаях могут проводиться дополнительные мероприятия по снижению отдельных негативных последствий;

- предельно-допустимый геоэкологический риск – максимальный уровень приемлемого риска, который определяется по всей совокупности негативных процессов и не должен превышать. Этот риск исключает гарантии защищенности благоприятной окружающей среды, здоровья населения и материального имущества. При таком уровне риска допускается проведение профилактических мероприятий по смягчению негативных последствий.

Неприемлемый геоэкологический риск – такой уровень, при котором необходимы экстренные и превентивные меры по снижению негативных последствий.

**Матрица базовых атрибутивных параметров оценки  
геоэкологической ситуации речных бассейнов**

№№	Атрибутивный показатель	Градация	Балл
1	Назначение реки	Комплексное	5
		Транспортное	4
		Рекреационное	3
		Питьевое	2
		Рыбохозяйственное	1
2	Лесистость территории	> 70	5
		61...70	4
		51...60	3
		40...50	2
		< 40	1
3	Коэффициент густоты речной сети, км/км <sup>2</sup>	> 1,24	5
		1,15...1,24	4
		1,05...1,14	3
		0,94...1,04	2
		< 0,94	1
4	Характер рельефа	Холмисто-грядовый	5
		Холмисто-котловинный	4
		Холмистый	3
		Слабоволнистый	2
		Плоский	1
5	Средняя плотность населения, чел/км <sup>2</sup>	> 20	5
		16...20	4
		11...15	3
		5...10	2
		> 5	1
6	Коэффициент хозяйственного использования земель, доли ед.	> 0,8	5
		0,61...0,80	4
		0,41...0,60	3
		0,20...0,40	2
		< 0,2	1
7	Назначение земель	Населенные пункты, промышленные территории, транспортная инфраструктура	5
		Сельскохозяйственное назначение земель (пахотные, мелиорированные земли)	4
		Сельскохозяйственное назначение (пастбища)	3
		Природно-рекреационное, охотничье-промысловое	2
		Природоохранное	1
8	Степень нарушенности земель	Очень сильная	5
		Сильная	4
		Средняя	3
		Слабая	2
		Условно нарушенная	1
9	Расстояние от источника загрязнения до водного объекта, м	< 100	5
		100...200	4
		200...500	3
		500...1000	2
		> 1000	1
10	Объем сброса загрязненных вод, тыс. м <sup>3</sup> /год	> 20	5
		15,1...20	4
		10,1...15	3
		5,1...10	2
		< 5	1



Набор базовых показателей характеризуется определенной суммой баллов, величина которых находится в пределах от 10 до 50. В соответствии с балльностью пока-

зателей и величиной обобщенных геоэкологических рисков проводится ранжирование территории по категориям геоэкологической ситуации (табл. 2).

Таблица 2

**Ранжирование базовых атрибутивных показателей в речных бассейнах с учетом обобщенных геоэкологических рисков**

Диапазон значений базового атрибутивного показателя, балл	Величина обобщенного геоэкологического риска	Категория геоэкологической ситуации
Менее 10	Геоэкологический риск отсутствует	Хорошая
10...20	Пренебрежимый геоэкологический риск	Удовлетворительная
20...30	Приемлемый геоэкологический риск	Конфликтная
30...40	Предельно-допустимый геоэкологический риск	Напряженная
40...50	Неприемлемый геоэкологический риск	Критическая

На основании проведенного ранжирования территории по критерию остроты выделяются следующие категории геоэкологических ситуаций:

– хорошая ситуация, при которой не отмечается каких-либо изменений структуры водосборного бассейна; она характеризуется отсутствием геоэкологического риска;

– удовлетворительная ситуация – отмечаются слабые изменения структуры ландшафтов, их восстановление осуществляется преимущественно в результате процессов саморегуляции; характеризуется пренебрежимым геоэкологическим риском;

– конфликтная ситуация – наблюдается незначительные пространственно-временные изменения в ландшафтах, ведущие к сравнительно небольшой перестройке их структуры и восстановлению в результате процессов саморегуляции или проведения несложных природоохранных мер; они характеризуется приемлемым геоэкологическим риском;

– напряженная ситуация характеризуется негативными изменениями в отдельных компонентах ландшафта, что ведет к нарушению или деградации отдельных природных ресурсов и в ряде случаев к ухудшению условий проживания населения; при проведении природоохранных мер напряженность геоэкологической ситуации, как правило, спадает; характеризуется предельно-допустимым геоэкологическим риском;

– критическая ситуация – отмечаются значительные и слабо компенсируемые изменения ландшафтов; происходит быстрое нарастание угрозы истощения или утраты природных ресурсов, уникальных природных объектов, наблюдается устойчивый рост числа заболеваний из-за резкого ухудшения условий проживания; при снижении или

прекращения антропогенного воздействия и проведения природоохранных мер возможна нормализация геоэкологической обстановки. Характеризуется неприемлемым геоэкологическим риском.

**Результаты и обсуждение.** На территории Московской области имеется большое количество малых водосборов, на территории которых в результате антропогенной деятельности происходит их трансформация, приводящая к изменению структуры водного баланса и существенному изменению соотношения поверхностного и подземного стока.

В качестве модельного водосбора был выбран водосбор р. Медвенки, имеющий площадь 21,0 км<sup>2</sup> и расположенный в Одинцовском районе Московской области. Бассейн реки Медвенка входит в придолинную зону среднего течения р. Москвы, а общая длина реки составляет 12,2 км.

Рельеф бассейна р. Медвенки представляет собой заболоченное полого-волнистое водораздельное пространство, а ниже по течению рельеф становится более выраженным и изрезан густой сетью мелких речек, ручьев и логов. Общая амплитуда высот в бассейне составляет 76 м, а перепад высот в русле водотока – более 55 м.

В настоящее время наиболее универсальной пространственной моделью водосборных бассейнов является трехмерная модель «MIKE SHE», которая имеет встроенную интегрированную модульную структуру и описывает поведение основных составляющих водного баланса – поверхностного стока, руслового стока, потока влаги в ненасыщенной зоне и фильтрации воды в грунтовом потоке.

Изучение водного баланса р. Медвенки проводилось на основе компьютерной программы «MIKE SHE», возможности ко-

торой позволили провести изучение составляющих водного баланса и выявить закономерности формирования гидролого-гидрогеологических процессов на водосборе при антропогенных нагрузках [6].

Моделирование сценариев показали, что основные элементы водного баланса р. Медвенки в многолетнем режиме характеризуются сильной изменчивостью в зависимости от сухости года (рис.).

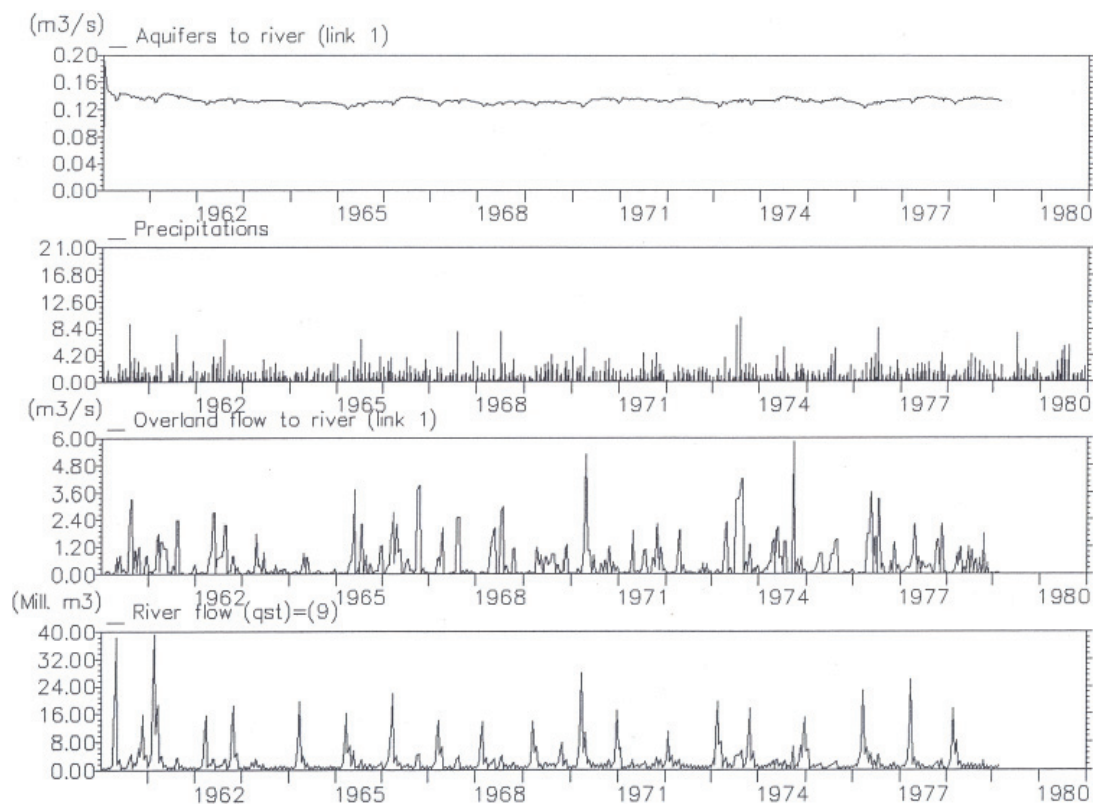


Рис. Динамика элементов водного баланса по реке Медвенка

Оценка геоэкологических условий на водосборе р. Медвенка проводилась с использованием предложенной методики комплексной оценки на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков. Для рассматриваемого водосбора были изучены и установлены основные атрибутивные показатели, их балльные оценки и определены обобщенные геоэкологические риски. Анализ антропогенной нагрузки и атрибутивных показателей показал, что водосбор р. Медвенки подвержен определенным изменениям составляющих водного баланса, однако в целом водосбор, с точки зрения геоэкологической ситуации и обобщенных геоэкологических рисков, может быть охарактеризован как водосбор с хорошей и удовлетворительной геоэкологической ситуацией.

#### Выводы

Разработана методика обобщенной оценки геоэкологической ситуации, которая основана на балльной оценке базовых атри-

бутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков. Использование этой методики для бассейна р. Медвенка показало, что для 65% территории характерна невысокая степень остроты геоэкологической ситуации. Диапазон значений базовых атрибутивных показателей не превышает 20 баллов.

Применение геоинформационных технологий позволило выявить региональные закономерности гидролого-гидрогеологических условий в границах исследуемого водосбора р. Медвенки. В целом общее изменение элементов естественного водного баланса не превысило 12%, и не отмечено проявление существенных негативных последствий антропогенной деятельности. Для данного водосбора величина отклонения от естественного водного баланса в 15% может быть принята в качестве экологически допустимой.

#### Библиографический список

1. Карпенко Н.П., Кравцова Е.В. Научные подходы к изучению гидролого-ги-

дрогологических процессов на водосборных бассейнах. / Материалы международной научной конференции «Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства в России». – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – С. 49-54.

2. Манукьян Д.А., Карпенко Н.П., Кирейчева Л.В. Оценка допустимого уровня трансформации водосборов при антропогенной деятельности. / Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Экологическая устойчивость природных систем и роль природообустройства в ее обеспечении». – М.: МГУП, 2003. – С. 34-36.

3. ФЗ РФ от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании». Режим доступа: <https://giod.consultant.ru/documents/740381?items=100>

4. Карпенко Н.П. Структура и оценка геоэкологических рисков. // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 45-50.

5. Карпенко Н.П. Геоэкологический риск: анализ, оценки, управление. Монография. –

Германия: Palmarium Academic Publishing. – 2014. – 145 с.

6. Карпенко Н.П. Использование ГИС-инструментария при решении задач управления техноприродными процессами в границах водосборного бассейна. / Материалы пятой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011)». – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2011. – С. 361-364.

Материал поступил в редакцию 29.11.2017

#### Сведения об авторах

**Карпенко Нина Петровна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел. 8(499)9762368; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

#### N.P. KARPENKO

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian University – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow

## ASSESSMENT OF THE GEOECOLOGICAL SITUATION OF RIVER BASINS BASED ON ATTRIBUTE INDICES AND GENERALIZED GEOECOLOGICAL RISKS

*The main theme of the study is catchments of small rivers which are the objects of great attention due to their high degree of transformation connected with high anthropogenic loads. The purpose of the research is to develop methods of the geo-ecological situation of small rivers basins which significantly react to any anthropogenic influence within the catchment: deforestation, plowing of land, drainage and irrigation land reclamation, waste discharge, etc. Besides, basins of small rivers are exposed to contamination of the processes which leads to worsening of their geo ecological status. The paper examines the spatial structure of the water balance of the catchment area and its main components are established. As the integral assessment of the ecological transformation of the watershed as a result of anthropogenic activities there is proposed the dependence taking into account the change in the correlation of surface and underground runoff. The scientific novelty of the research is the development of assessment methods of the geo ecological situation of river basins on the basis of the matrix of attribute indicators allowing with consideration of generalized geo ecological risks and scores to distinguish categories of land with a different geo ecological situation. For the catchment of the river Medvenka using GIS-technology there was investigated the spatial structure of the water balance and established the main regularities of formation of hydrological and hydro geological processes.*

*River basins, catchments of small rivers, water balance, surface and ground water, transformation of watersheds, attribute indicators, generalized geo ecological risk, geo ecological situation*

#### References

1. Karpenko N.P., Kravtsova E.V. Nauchnye poshody k izucheniyu gidrologo-gidroteologicheskikh protsessov na vodosbornykh basseynah / Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii «Problemy razvitiya merioratsii i vodnogo hozyajstva v Rossii». – М.: RGAU-MSHA, 2015. – С. 49-54.

2. Manukyan D.A., Karpenko N.P., Ki-reicheva L.V. Otsenka dopustimogo urovnya transformatsii vodosborov pri antropogennoj deyatel'nosti / Materialy Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Ecologicheskaya ustojchivost prirodnyh system i rol prirodobustroystva v ee obespechenii». – М.: MGUP, 2003. – С. 34-36.

3. FZ RF ot 27.12.2002 г. № 184-FZ «O teh-  
nicheskom regulirovani».

4. **Karpenko N.P.** Strukturaiotsenkageoe-  
kologicheskikh riskov. // Prirodoobustrojstvo. –  
2009. – № 3. – S. 45-50.

5. **Karpenko N.P.** Geoecologicheskij risk:  
analiz, otsenki, upravlenie. Monografiya. –  
Германия: Palmarium Academic Pablising.  
2014. – 145 S.

6. **Karpenko N.P.** Ispolzovanie GIS-in-  
strumentariya pri reshenii zadach upravleni-  
ya tehnoprirodnymi protsessami v granitsah  
vodobornogo bassejna / Materialy pyatij  
mezhdunarodnoj konferentsii «Upravlenie  
razvitiem krupnomasshtabnyh system

(MLSD'2011)». – M.: Institut problem uprav-  
leniy im. V.A. Trapeznikova RAN, 2011. –  
S. 361-364.

The material was received at the editorial office  
29.11.2017

#### Information about the authors

**Karpenko Nina Petrovna**, doctor of tech-  
nical sciences, associate professor, professor of  
the chair «Hydrology, hydrogeology and flow  
regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named  
after C.A. Timiryazev», 127550, Moscow,  
ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499)9762368;  
e-mail: npkarpenko@yandex.ru

УДК 502/504:626/627: 627.042

DOI 10.26897/1997-6011/2018-2-22-28

#### Д.В. КОЗЛОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация

#### Д.А. КРУТОВ

Компания «СМЕС» (Австралия)

## КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЛОТИН

*Увеличение числа возводимых плотин (последние 100 лет) и их среднего возраста требует выявления общих проблем, возникающих после многолетней эксплуатации гидротехнического сооружения, и формирования комплексного подхода при проведении ремонтных мероприятий. Сложность восстановительных работ на плотинах обусловлена проведением этих работ в стесненных условиях уже существующего эксплуатирующегося сооружения. В статье приводятся сведения о современных комплексных работах по реконструкции эксплуатируемых гидротехнических сооружений. На инспектируемых плотинах выявлены отклонения геометрии поперечного сечения плотин от проектного профиля, а также неудовлетворительное состояние креплений и облицовок грунтовых и каменно-набросных гидротехнических сооружений. Предложены мероприятия по реконструкции гребней плотин, восстановлению верховых откосов и банкетов плотин. Разработаны сборные железобетонные конструкции для защиты реконструируемых откосов плотин и банкетов от волновых и ледовых воздействий. Рассмотренные новые конструктивные решения существенно упрощают подводные работы при реконструкции гидротехнических сооружений.*

*Волновые и ледовые воздействия, ремонт креплений гидротехнических сооружений, ремонт гребня плотин.*

**Введение.** В 20-м веке число возво-  
димых плотин стремительно увеличива-  
лось (особенно на протяжении семидесятых  
и восьмидесятых годов). К концу 20-го века  
количество плотин составило более 45 тысяч  
в более чем 140 странах. На сегодняшний  
день средний возраст крупной плотины со-  
ставляет более 40 лет [1].

Не случайно, что в настоящий момент  
и в России и за рубежом деятельность гидро-  
техников сосредоточилась на обеспечение  
безопасности уже существующих гидротех-  
нических сооружений, а именно на их ре-  
конструкции и модернизации.

Неизбежность проведения ремонтных  
мероприятий на эксплуатируемых гидросо-